

节水灌溉技术培训教材

管道输水工程技术

水利部农村水利司

中国灌溉排水技术开发培训中心



 中国水利水电出版社

《节水灌溉技术培训教材》

编 委 会

主任委员：陈 雷

副主任委员：冯广志 乔玉成 许红波

高布坤 周卫平 赵竞成

委 员：（按姓氏笔画为序）

王晓玲 史 群 郝建华 曲 强

任晓力 沈秀英 李龙昌 李安国

李英能 张汉松 张祖新 郑耀泉

林性粹 顾宇平 彭世彰 彭建明

目 录

序	
前 言	
第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 管道输水灌溉系统的类型与组成	(2)
第三节 管道输水灌溉技术的发展概况	(5)
第四节 管道输水灌溉工程的立项与设计程序	(7)
第二章 系统规划与布置	(11)
第一节 管道输水灌溉系统规划的原则与内容	(11)
第二节 基本资料的收集	(13)
第三节 水量供需平衡分析	(16)
第四节 取水工程的规划布置	(20)
第五节 管网规划布置	(22)
第六节 田间灌水系统布置	(26)
第三章 水力计算	(29)
第一节 管网设计流量计算	(29)
第二节 水头损失计算	(33)
第三节 管径确定	(35)
第四节 树状管网水力计算	(37)
第五节 环状网水力计算	(42)
第六节 水击压力计算与防护	(43)
第四章 机泵选配与测试	(45)
第一节 管道输水灌溉常用水泵	(45)
第二节 管道输水灌溉系统机泵选型	(55)
第三节 机泵测试	(57)
第五章 管材及其连接件	(64)
第一节 管材种类及其选择	(64)
第二节 塑料硬管	(65)

第三节 水泥类预制管	(75)
第四节 金属管	(81)
第五节 软质管	(85)
第六章 管道附属设施	(87)
第一节 给水装置	(87)
第二节 安全保护装置	(101)
第三节 分(取)水控制装置	(110)
第四节 测量装置	(113)
第七章 管道工程施工技术	(115)
第一节 概述	(115)
第二节 管槽开挖	(117)
第三节 管道系统安装	(118)
第四节 现场连续浇筑混凝土管施工技术	(129)
第五节 试水回填与竣工验收	(136)
第八章 运行管理	(140)
第一节 管理组织与制度	(140)
第二节 工程运行与维修	(141)
第三节 灌溉用水管理	(144)
第九章 经济效益分析	(146)
第一节 投资费用	(146)
第二节 年运行费用	(147)
第三节 效益计算	(148)
第四节 经济效益分析	(148)
附 录	(160)
附录一 工程设计示例	(160)
附录二 水力学计算附表	(165)
主要参考文献	(170)

第一章 绪 论

第一节 概 述

我国是一个水资源贫乏的国家,人均水资源占有量仅为世界人均占有量的 $1/4$, 水资源量在时空分配上也很不平衡。进入 80 年代以来,北方地区连续干旱更加重了该地区水资源的危机,特别是华北地区,水资源的危机已严重制约了工农业生产的发展,也给人们的生活带来了很大影响,地下水位不断下降、一些工厂被迫停产,农田因灌溉不及时或干旱缺水而减产。正是在这种情况下,适应节水灌溉的低压管道输水灌溉技术首先在冀、鲁、豫、京、津的井灌区开始应用并逐渐推广,取得了显著效益。随着我国工农业生产的进一步发展和人民生活水平的不断提高,对水资源的需求量越来越大,一些原来用于农业的水资源,现在已转向城市工业和生活供水。因此,占总用水量 75% 以上的农业灌溉,实现全面节水将对国民经济的发展起着至关重要的作用。

“七五”以来,国家科委、水利部、各省、市、自治区对井灌区管道输水灌溉技术进行了攻关研究,投入了大量人力、物力。到目前,该项技术日趋成熟,井灌区管道输水灌溉投入较低、效益明显,深受广大农民的欢迎。但是,我国井灌区大部分面积还没有实现管道输水灌溉,因此,在今后一个相当长的时期,还应在井灌区进一步完善和发展低压管道输水灌溉技术。在渠灌区,虽然做了一些研究工作,但由于其条件复杂,技术尚不成熟,应该继续进行深入研究。

管道输水灌溉是以管道代替明渠输水灌溉的一种工程形式,通过一定的压力,将灌溉水由分水设施输送到田间。直接由管道分水口分水进入田间沟、畦或分水口连接软管输水进入沟、畦,仍属地面灌溉技术。其特点是出水口流量较大,出水口所需压力较低,管道不会发生堵塞。

管道输水灌溉比土渠输水灌溉有着明显的优点。管道输水减少了输水过程中的渗漏与蒸发损失,井灌区管道系统水利用系数在 0.95 以上,比土渠输水节水 30% 左右,比土渠输水灌溉节能 20%~30%。渠灌区采用管道输水后,比土渠节水 40% 左右。

井灌区土渠一般占耕地 1% 左右,管道埋入地下代替土渠之后可增加 1% 的耕地面积。渠灌区输水流量大,渠道占用耕地面积更大,所以,在渠灌区实现管道灌溉后,减少渠道占用耕地的优点尤为突出。对于我国土地资源紧缺,人均耕地面积不足 1.5 亩的现实来说,具有显著的社会效益和经济效益。

管道输水灌溉比土渠输水快、供水及时,可缩短轮灌周期,改善田间灌水条件,有利于适时适量灌溉,从而及时有效地满足作物生长期的需水要求。特别是在作物需水关键期,土渠灌溉往往因为轮灌周期长,灌水不及时,而影响作物生长造成减产,管道输水灌溉较好地克服了这一缺点,从而起到了增产增收的效果。管道代替土渠之后,避免了跑水漏水,节省管理用工,在渠灌区,省工的优点将更加明显。

管道输水灌溉由于是有压供水,可适应各种地形,使原来土渠难以达到灌溉的耕地实现灌溉,扩大灌溉面积。

十几年来我国在管道输水灌溉方面主要对井灌区低压管道输水灌溉技术进行了系统研究。在较大的提水灌区、自流灌区和引黄灌区,虽然进行了试点,但技术尚未成熟,仍未大面积推广。大型提水灌区或自流灌区管网系统输水灌溉技术比井灌区的低压管道输水灌溉技术复杂得多,切忌简单套用和照搬井灌区管灌技术。

第二节 管道输水灌溉系统的类型与组成

一、输配水管道系统的类型

输配水管道系统按其输配水方式、管网形式、固定方式、输水压力和结构形式可分为以下类型。

1. 按输配水方式分类

按输配水方式可分为水泵提水输水系统和自压输水系统,水泵提水又可分为水泵直送式和蓄水池式。

(1) 水泵提水输水系统。水源水位不能满足自压输水,需要利用水泵加压将水输送到所需要的高度,方可进行灌溉。一种形式是水泵直接将水送入管道系统,然后通过分水口进入田间。另一种形式是水泵通过管道将水输送到某一高位蓄水池,然后由蓄水池通过管道自压向田间供水。目前,平原井灌区管道系统大部分为水泵直送式。

(2) 自压输水系统。利用地形自然落差所提供的水头满足管道系统在运行时所需的工作压力。在渠道位置较高的自流灌区多采用这种形式。

2. 按管网形式分类

管道输水灌溉系统按管网形式可分为树状网、环状网。见图 1-1。

(1) 树状网。管网为树枝状,水流从“树干”流向“树枝”,即在干管、支管、分支管中从上游流向末端,只有分流而无汇流。

(2) 环状网。管网通过节点将各管道联结成闭合环状网。根据给水栓位置和控制阀启闭情况,水流可作正逆方向流动。

目前国内管道灌溉系统多采用树状网,环状网在一些试点地区也有所应用。

3. 按固定方式分类

管网系统按固定方式可分为移动式、管渠结合式、半固定式和固定式。

(1) 移动式。除水源外,管道及分水设备都可移动,机泵有的固定,有的也可移动,管道多采用软管,简便易行,一次性投资低,多在井灌区临时抗旱时应用。但是劳动强度大,管道易破损。

(2) 半固定式。其管灌系统的一部分固定,另一部分移动。一般是干管或干、支管为固定地埋管,由分水口联接移动软管输水入田间。这种形式介于移动式和固定式之间,比移动式劳动强度低,但比固定式管理难度大,经济条件一般的地区,宜采用半固定式系统。

(3) 固定式。管灌系统中的各级管道及分水设施均埋入地下,固定不动。给水栓或分

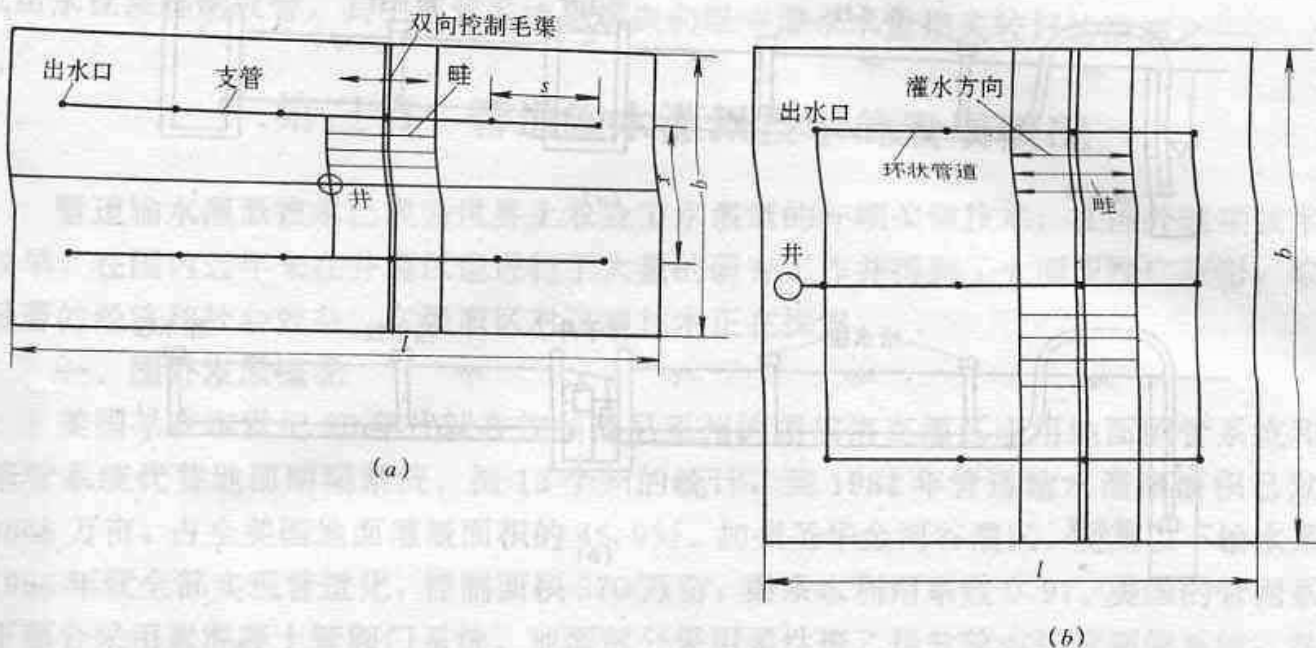


图 1-1 管网系统示意图
(a) 树状管网; (b) 环状管网

水口直接分水进入田间沟畦，没有软管联接。田间毛渠较短，固定管道密度大，标准高。这类系统一次性投资大，但运行管理方便，灌水均匀。有条件的地方应逐渐推行这种形式。

4. 按管道输水压力分类

按管道输水压力分类，可分为低压和非低压管道系统。

(1) 低压管道系统。其最大工作压力一般不超过 0.2 MPa ，最远出口的水头一般在 $0.002 \sim 0.003 \text{ MPa}$ ，该形式对管材承压要求不高。我国大部分平原井灌区管道输水灌溉系统采用这种形式。

(2) 非低压管道系统。工作压力超过 0.2 MPa 时为非低压管道输水灌溉系统，该形式对管材质量要求较高，一般应采取塑料管，钢筋混凝土管、钢管等，管道系统中的分水、调压等附属设备要求配套齐全，多在输水量较大或地形高差较大的灌区应用。

5. 按结构形式分类

按结构形式可分为开敞式、封闭式和半封闭式系统。见图 1-2。

(1) 开敞式。是指在管道上下游高差不太大的一些部位设有自由水面调节井槽的管道系统形式。调节井槽除具有调压作用外，一般还兼有分水式泄水功能。调节槽井之间根据需要可设置直接配水设施，当进行配水时，要调节配水设施下面调节槽井的水位以确保所需要的水头。

(2) 半封闭式。半封闭式指在输水过程中，管道系统不完全封闭，在适宜的位置保持自由水面或使用浮球阀控制阀门启闭的一种输水形式。这种形式只要下游闸阀不开启，就不会引起上游水的流动，也不会像开敞式那样产生无效放水。

(3) 封闭式。封闭式是指水流在全封闭的管道中从上游管端流向下游管道末端。输水过程中管道系统不出现自由水面。这种形式适合于输水需要一定压力的情形，在平原井灌

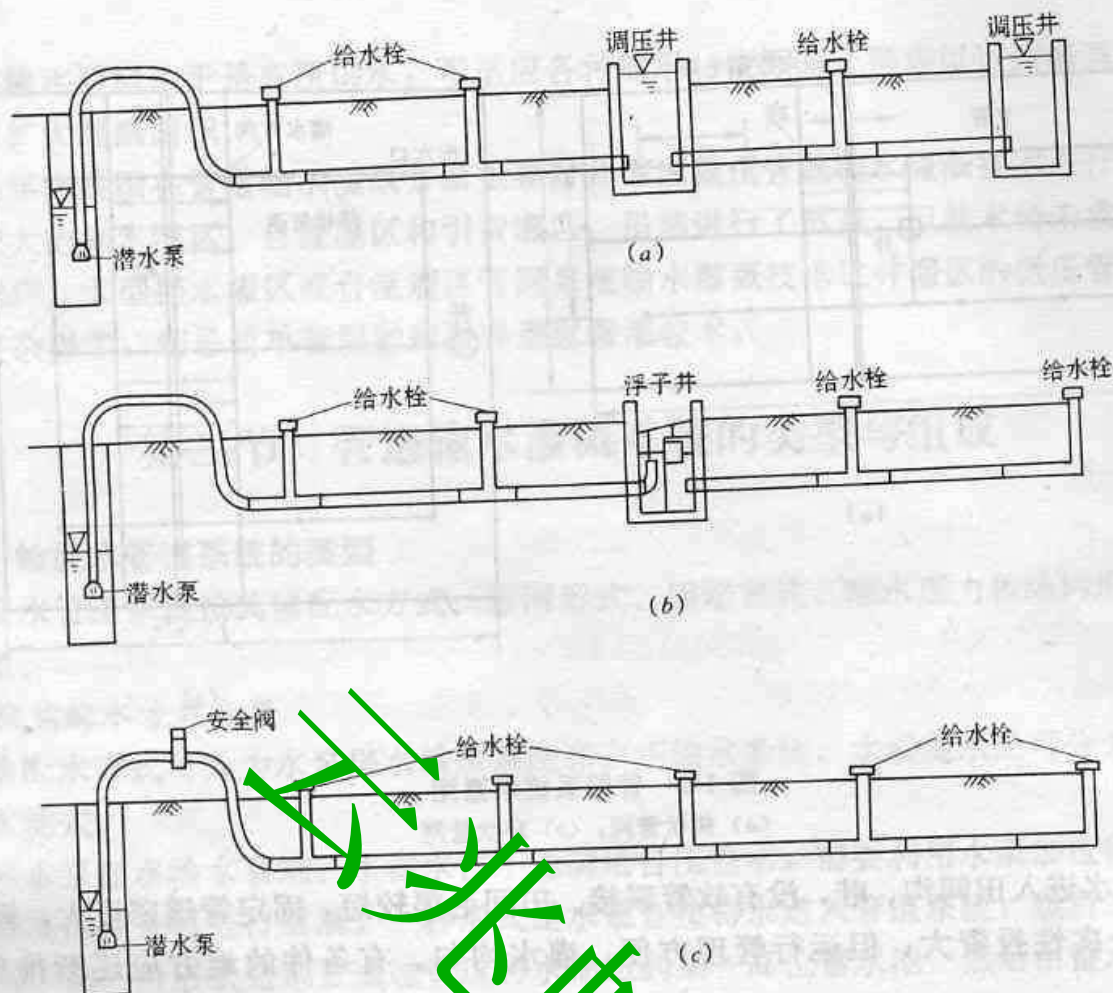


图 1-2 管道系统示意图
(a) 调压式; (b) 半封闭式; (c) 全封闭式

区应用较多。

二、管道输水灌溉系统的组成

管道输水灌溉系统由水源与取水工程部分、输水配水管网系统和田间灌水系统三部分组成。

1. 水源与取水工程

管道输水灌溉系统的水源有井、泉、沟、渠道、塘坝、河湖和水库等。水质应符合农田灌溉用水标准，且不含有大量杂草、泥沙等杂物。

井灌区取水部分除选择适宜机泵外，还应安装压力表及水表，并建有管理房。而在自压灌区或大中型提水灌区的取水工程还应设置进水闸、分水闸、拦污栅、沉淀池和水质净化处理设施及量水建筑物。

2. 输水配水管网系统

输配水管网系统是指管道输水灌溉系统中的各级管道、分水设施、保护装置和其他附属设施。在面积较大的灌区，管网可由干管、分干管、支管、分支管等多级管道组成。

3. 田间灌水系统

田间灌水系统指分水口以下的田间部分。作为整个管道输水灌溉系统，田间灌水系统是节水灌溉的重要组成部分。田间灌水解决不好，灌水浪费现象将依然存在。灌溉田块应进行平整，畦田长宽适宜。为达到灌水均匀、减小灌水定额的目的，通常将长畦改为短畦

或给水栓接移动软管。其中闸管系统是解决向畦中灌水水量损失较好的措施之一。

第三节 管道输水灌溉技术的发展概况

管道输水灌溉技术已成为世界上农业节水灌溉的一项关键技术。在国外这项技术发展较早，在国内近年来在井灌区也进行了大量的研究工作并得到了大面积推广应用，取得了显著的经济和社会效益。在渠灌区对这项技术正在探索。

一、国外发展概况

美国早在本世纪 20 年代就在加利福尼亚州的图尔洛克灌区应用地面闸管系统和地下暗管系统代替地面明渠系统。据 12 个州的统计，到 1984 年管道输水灌溉面积已发展到 9648 万亩，占全美国地面灌溉面积的 46.9%。加州圣华金河谷灌区，支渠以下输水系统在 1996 年就全部实现管道化，控制面积 370 万亩，渠系水利用系数 0.97。美国的管网系统地下部分采用素混凝土管阀门系统，地面部分采用柔性聚乙烯软管或铝管闸管系统，并采用快速接头与固定管道的出水口连接，流动使用。闸管一侧开有与灌水沟相对应的孔口，装有可控制流量的小阀门。用于地面闸管系统的铝管直径有 127 mm、152 mm、203 mm 和 254 mm，壁厚 1.295 mm，每节长 9 m 或 6 m。混凝土管几乎全部采用现场浇筑，最大直径达 450 mm。

前苏联用地下管道代替明渠的发展速度已超过防渗渠道。到 1984 年，地埋管道系统已占总灌溉渠系统的 63% (1.66 亿亩)，管道总长 21.8 万 km，国家规定新灌区都要实现管道化，渠系水利用系数要达到 0.9。地埋管材主要有钢筋混凝土管、石棉水泥管、塑料管及涂塑薄壁钢管。发展趋势是尽量采用地下固定式管道代替移动式软管。灌水沟用尼龙布涂橡胶软管，软管上按沟距设放水孔，用橡胶活塞控制。

澳大利亚南部的伦马克灌区 1975 年已改明渠为地下管道，干、支管采用直径 1.88 m 和 0.68 m 的钢筋混凝土管，其他各级管道采用直径 200~600 mm 的石棉水泥管。灌溉面积 6.18 万亩，节水 33%，减少年运行费用 22%。

以色列为干旱半干旱地区，有 300 万亩灌溉土地，90% 以上实现了管道输水，全国输水系统 1957 年开工，1964 年完工。每年从北部太巴列湖抽水 3.2 亿 m^3 ，通过 2.7 m 的大直径压力管道，以 20 m^3/s 的流量输送到以色列南部。把各种地表水、地下水和回收水互相结合，实现了综合调节用水，自动化程度较高。

罗马尼亚的管道灌溉一般分为三级。干管从架空 U 形槽引水，多采用埋入地下的石棉水泥管，管径 250~400 mm；第二级为移动式地面输水软管，采用化纤布涂橡胶软管；第三级为地面灌水闸管系统，采用薄壁铝管或橡胶管，薄壁铝管直径 150 mm，每节长 9 m，下装一对小轮便于移动，管壁每 0.8 m 开一放水小孔，装有可控制流量的阀门。橡胶管直径 210 mm，每节长 15~30 m。

日本已经由部分管道输水向多级组合的完整的管道输水系统发展。分为干管、支管、灌水管三级管道。干管采用树脂纤维管，或用钢、球墨铸铁、预应力混凝土、石棉水泥等材料。支管常用强化 PVC 管和承接式石棉水泥管。灌水管采用铝管和 PVC 管。管网的自动半自动给水控制设备较完善，自动化程度高。日本管道输水灌溉系统规模大，管径大，管

线长，地形复杂。一个系统的灌溉面积达数千至上万公顷。干管长度往往达几十公里，且地形起伏，高差变化很大。并由专业工厂生产供应各类管材。材料设备的工业化生产水平很高。日本十分重视管灌的设计和科研，有一套完整的技术标准和定型设计，工程很规范。科研方面重点研究：①水泵与管网的合理匹配。②复杂大型管网水量调配优化。③大面积管网合理布局。④施工运行中的检测技术。⑤管道灌溉的自动化管理等。

二、国内发展概况

1. 国内发展现状

我国的管道输水灌溉应用时间很早，但集中连片应用是在 50 年代以后。如江苏无锡的三暗工程（暗灌、暗降、暗排）；河南温县在 70 年代全县有 10 多万亩井灌区实现了输水管道灌溉。1979 年，我国从国外引进软管输水灌溉技术，在黑龙江和山东等地先后试验应用。

进入 80 年代以来我国北方地区连年干旱，水资源日益紧缺。适应节水灌溉的低压管道输水灌溉技术开始迅速发展。“七五”以来，国家科委、水利部，各省、市科委及水利科研单位对低压管道输水灌溉技术进行了攻关，重点对薄壁塑料管生产技术、地方管材制管技术及规划设计等进行了系统应用研究。到 1995 年底，全国各种类型的管道输水灌溉面积已达 5000 余万亩，主要分布在冀、鲁、豫、京、津等省、市平原地区井灌区，近年来，山西、内蒙古、甘肃、新疆也有一定的发展。

我国的管道输水灌溉一开始就显示出了它强大的生命力，这种技术首先在平原井灌区应用，管道工作压力较低，节水效果明显，易推广。“七五”期间，许多地方研制了制管机，利用当地材料生产管材，在节水灌溉中发挥了一定作用。内衬软管，外护圪工管道输水技术造价较低，一个时期推广较快，但长期应用易被损出现空洞。随着经济的发展，近年来薄壁塑料管、双壁波纹塑料管，在管道输水灌溉中得到了迅速推广，在今后节水灌溉发展中有着广阔的应用前景。

尽管近十几年来我国管道输水灌溉发展较快，但还远不适应农田灌溉对节水的要求。我国北方井灌区现有井灌面积 1.7 亿亩，其中管道输水灌溉面积还不到 1/3。目前国家确定的 300 个节水示范县中大部分节水灌溉面积分布在井灌区。因此，这项节水技术在我国将大有发展前途。

2. 存在的问题

(1) 管道输水灌溉的标准低。我国的管道输水灌溉是在边研究边推广中发展的，从立项、设计、施工到验收还缺乏严格规范的要求。前一时期在推广过程中，由于追求低投资，工程质量低标准，造成节水灌溉的工程质量与节水灌溉技术要求的较大差距。这些直接影响了这一技术的进一步发展。

(2) 缺少大口径管材、系列配套管件及附属设备。我国还没有专门生产农用管道系列管材、管件及附属设备的厂家，特别缺乏适合大型灌区发展管道输水灌溉技术的大口径管材。即使井灌区用的管材、管件也没有形成系列化、规格化、标准化和产业化生产。这一现状直接影响了管道输水灌溉技术的发展速度和工程质量。

(3) 工程规划设计水平有待提高。管网系统投资在整个管道输水系统中占的比重最大，特别是在大型灌区，对管网进行总体优化设计将会明显降低工程投资。

(4) 提高田间工程的标准和配套程度。由给水栓或出水口向田间输水垄沟灌水的配水装置及配水技术尚未形成标准化、系列化的定型产品和技术。此外,还应通过提高灌水均匀度来减少灌水定额,达到节水的目的。

(5) 加强节水灌溉的管理工作。重建轻管的现象依然存在,使节水灌溉工程不能发挥其应有的作用。

总之,我国的管道输水灌溉技术正处在发展阶段,尽管在发展中还存在一些问题,只要我们集中力量认真对待,进行总结,就会使这一技术更加成熟和完善,在今后的农田节水灌溉中发挥更大作用。

第四节 管道输水灌溉工程的立项与设计程序

为了保证节水灌溉工程的质量,管道输水灌溉工程应当有严格的立项和设计程序。

一、项目申报与审批程序

1. 小型工程项目

由一个生产组或一个至几个队联片自筹建设资金建设的小型低压管灌工程项目(管网简单,规划设计不复杂的项目),面积不超过1000亩的小型管灌项目,一般经所在乡(镇)政府同意后,由乡镇水利站设计或委托县(区)水利局设计,报县水利局审核批准并备案。填写由县水利局统一编制的《管道输水灌溉工程项目申请及审核表》,内容应包括项目所在乡、村、水源类型、取水工程形式,并灌区应注明井径、井深、动水位、出水量、水泵型号、电机功率等,输水管网应包括控制面积、管材类型和管径、管道总长度、总造价、总用工工日等项目。各县可参照以上内容编制项目申请及审核表。

2. 大中型工程项目

控制面积超过1000亩、小于1万亩的中型管灌工程及控制面积超过万亩的大型管灌工程,应有批准的项目建议书、可行性研究报告和扩大初步设计等。中型项目的项目建议书应由市、地区水利局组织审批并报主管部门批准后编定。可行性研究报告一般应由市、地区水利局组织评审。大型项目的建议书应由省、市、自治区水利厅组织审批,并报主管部门批准后实施。可行性研究报告应由省、市、自治区水利厅组织评审。当评审意见对可行性研究报告的内容和结论提出原则性修改意见时,编制单位应根据评审意见进行修正或提出补充报告。可行性研究报告一般属于咨询、参考性文件,不具有法制性约束力,只作为编制任务书的依据和供上级主管部门审批项目决策时参考。

对于缺乏设计和运行经验的大型项目,在批准项目建议书后,应组织抽水试验并对管材管件及保护装置进行试验研究。设计任务书的投资估算中应包括这部分试验经费。必要时也可由省、市、自治区的水利主管部门单独设立科研项目下达科研计划,专项进行试验研究。

国家批准的重点节水示范县的项目工程审批一定要按国家要求,上报省、市、自治区的水利主管部门进行审批。

大中型的管道输水灌溉工程项目的可行性研究以及规划设计应委托国家正式批准并持有相应级别专业设计许可证的专业设计单位承担,并由熟练掌握管道输水灌溉技术的工程

技术人员参与设计并进行主审。

二、设计程序

小型工程项目的设计在立项批准后可直接进行扩大初步设计。

大中型管道输水灌溉工程项目包括项目建议书、可行性研究报告和扩大初步设计等程序。

(一) 项目建议书内容

- (1) 项目兴建缘由。
- (2) 基本概况 (含水源分析)。
- (3) 项目建设规模。
- (4) 工程投资估算与资金筹措。
- (5) 项目完成后的社会效益与经济效益估算。
- (6) 实施方案与建设进度安排。

(二) 可行性研究内容

项目建议书批准之后,即可组织进行可行性研究。对项目在技术上和经济上论证水源条件的可靠性、工程总体布局、外部协作条件、投资估算及经济效益分析、社会效益估算、资金筹措建设、工程实施计划及分期建设安排是否合理可靠。并经多方案综合论证和比较,择优推荐最优方案。经组织专家委员会评审后,作为编制工程设计的依据,连同专家评审意见一并作为初步设计的附件上报。可行性研究可参考以下内容。

- (1) 编制依据、原则、工程范围。
- (2) 自然条件与水利工程现状。
- (3) 取水水源条件分析论证。
- (4) 项目建设规模的分析论证。
- (5) 项目工程 (包含水源、管网、田间、沟、渠、路、林等工程) 总体布局。
- (6) 投资估算、经济效益、财务分析,以及主要经济指标、社会效益和环境效益分析。
- (7) 建设资金筹措及分摊负担建议。
- (8) 工程建设进度及分期实施安排意见。
- (9) 运行管理措施分析论证。
- (10) 结论与建设,包括对上述内容和相应非工程性措施,以及必要的研究项目的建设。

根据批准的项目建议书、可行性研究报告的分析论证及结论、建议,以及专家的评审意见和主管部门的审查决策意见,一般应该编制设计任务书作为该项工程设计的法定依据。设计任务书必须具有一定的准确性,其投资估算和扩大初步设计的概算出入不应大于10%,否则上级部门应该对项目重新评估决策。

(三) 扩大初步设计

扩大初步设计一般包含设计说明书、工程概算书、设备、主要材料清单和设计图纸四部分内容,按规定由设计单位的主管技术负责人及单位负责人逐级签字负责。

1. 设计说明书内容

- (1) 概述。包括设计依据的主要文件和设计范围,主要的设计基础资料,区域经济、交

通、水土资源及自然条件、现有水利工程状况等。

(2) 水量供需平衡分析。分析作物需水量和水源供水保证程度。

(3) 管网规划与布置。根据当地地形条件确定管网布置形式和保护装置及附属设施的位置。

(4) 管材、管件和保护装置。选择适宜的管材、管件和保护装置，并注明材料和设备的性能、型号、技术参数和经济指标。

(5) 管网水力计算。确定各级管道的设计流量、适宜管径、水头损失，总扬程以最后确定选择适宜的机泵。管网水力计算尽量采用优化设计，最终应确定各级管道适宜的管径。

(6) 结构设计。井灌区输水管道一般不进行结构计算，但应采用适当的保护装置。对大中型灌区、大流量高水头下的管道应进行结构计算、管道断面结构尺寸应满足强度和变形要求。否则应该重新选择适宜的管道断面（指管壁厚度）进行计算，直到符合要求。

(7) 施工与运行管理。应对管道开挖要求、管件连接方式和保护装置的安装进行详细说明，以利于正确安装。运行管理中应包括机泵使用方法，给水栓的开启顺序，输灌方式及轮灌编组中各支管闸阀开启顺序说明，工程管理、组织管理、财务管理规章制度和必要的观测项目。

(8) 经济效益分析。根据工程规模、投资、年运行费用和年效益进行经济效益分析计算。计算时，偿还期低于5年采用静态法，大于5年采用动态法。

2. 工程概算书内容

(1) 编制说明。说明编制时所采用的定额、设备及材料单价、工资级差、取费标准等依据的文件，总概算值、各种材料总用量及总用工日等。

(2) 总概算表。含工程直接费用：即水源工程、管道工程、管件及附属设备、田间工程施工等主要生产项目的工程费用。其他费用：如勘测设计费、试验费、科研费及不可预见费用等。必要时还可列入预计材料调价费、咨询和考察费用等。

3. 设备及主要材料表

表内应将同种材料不同规格型号的管材、管件及附属设施按顺序编号，注明材料名称、规格型号、数量。

4. 设计图纸

(1) 总体布置图。包括项目区地形、地貌、河流、道路和村庄分布，现有水利工程设施如机井、其他水源，以及沟、渠、路、林、电网等的现状位置，高程标志。管网、取水枢纽和田间工程的整体布置一般采用比例尺为1:25000~1:5000。

(2) 取水工程平面图。主要指水源工程、取水工程布置、机房布置，水泵安装尺寸、管理房及院墙等。应有适当数量的剖面图，以利于施工时使用。常用比例尺为1:1000~1:500。

(3) 输配水管网布置图。应对管网干、支、斗管进行编号，注明各级管道长度、连接件和保护装置及附属设备位置。必要时可绘制纵横断面图，采用比例尺横向为1:2000~1:1000，纵向1:200~1:100。对较小的工程如不绘纵断面图，可在平面图上注出各控制点的高程代替纵断面图。

(4) 管网各种附属建筑物结构大样图。如压力池、给水栓、逆止阀、进（排）气阀、量

水退水设备等。采用 $1:50 \sim 1:10$ 的大比例尺。

(5) 田间工程典型地段图。选择具有代表性的不同地块，将田间给水栓或分水口连接末级输水管道所控制的畦田规格尺寸、管道移动方向要求、灌水要素标注图中。采用 $1:100 \sim 1:50$ 比例尺。

（一）项目建议书内容

项目建议书是项目可行性研究报告的初步文件，是项目决策的重要依据。项目建议书的主要内容应包括：项目概况、项目建设的必要性、项目建设的可行性、项目建设的规模、项目建设的投资估算、项目建设的效益分析等。

项目概况应包括：项目名称、项目地点、项目性质、项目规模、项目主要建设内容等。项目建设的必要性应包括：项目建设的背景、项目建设的意义、项目建设的紧迫性等。项目建设的可行性应包括：项目建设的条件、项目建设的风险、项目建设的效益等。

项目建设的规模应包括：项目建设的总规模、项目建设的分规模、项目建设的子规模等。项目建设的投资估算应包括：项目建设的总投资、项目建设的固定资产投资、项目建设的流动资金投资等。

项目建设的效益分析应包括：项目建设的经济效益、项目建设的社会效益、项目建设的生态效益等。项目建设的效益分析应包括：项目建设的效益目标、项目建设的效益指标、项目建设的效益评价等。

项目建设的效益评价应包括：项目建设的效益评价方法、项目建设的效益评价结果、项目建设的效益评价结论等。项目建设的效益评价应包括：项目建设的效益评价标准、项目建设的效益评价程序、项目建设的效益评价报告等。

项目建设的效益评价报告应包括：项目建设的效益评价概述、项目建设的效益评价分析、项目建设的效益评价结论等。项目建设的效益评价报告应包括：项目建设的效益评价数据、项目建设的效益评价图表、项目建设的效益评价附件等。

项目建设的效益评价附件应包括：项目建设的效益评价数据表、项目建设的效益评价图表、项目建设的效益评价说明等。项目建设的效益评价附件应包括：项目建设的效益评价数据、项目建设的效益评价图表、项目建设的效益评价说明等。

项目建设的效益评价附件应包括：项目建设的效益评价数据表、项目建设的效益评价图表、项目建设的效益评价说明等。项目建设的效益评价附件应包括：项目建设的效益评价数据、项目建设的效益评价图表、项目建设的效益评价说明等。

第二章 系统规划与布置

第一节 管道输水灌溉系统规划的原则与内容

1. 规划的基本原则

(1) 管道输水灌溉系统规划属农田基本建设规划范畴。因此,必须与当地农业区划、农业发展规划、水利规划及农田基本建设规划相适应。在原有农业区划和水利规划的基础上,综合考虑与规划区内沟、渠、路、林、输电线路、引水水源等布置的关系,统筹安排、全面规划,充分发挥已有水利工程的作用。

(2) 近期需要与远景发展规划相结合。根据当前的经济状况和今后农业现代化发展的需要,特别是节水灌溉技术的发展要求。如果管道系统有可能改建为喷灌或微灌系统,规划时,干支管应采用符合改建后系统压力要求的管材。这样,既能满足当前的需要,又可避免今后发展喷灌或微灌系统重新更换管材而造成巨大浪费。

(3) 系统运行可靠。管道输水灌溉系统能否长期发挥效益,关键在于能否保证系统运行的可靠性。因此,从规划一开始就要对水源、管网布置、管材、管件和施工组织等进行反复比较。不可匆匆施工,不能采用劣质产品。做到对每一个环节严格把关,确保整个管道输水灌溉系统的质量。

(4) 运行管理方便。管道输水灌溉系统规划时,应充分考虑工程投入运行后科学的运行管理。

(5) 综合考虑管道系统各部分之间的联系,取得最优规划方案。管道系统规划方案要进行反复比较和技术论证,综合考虑引水水源与管网线路、调蓄建筑物及分水设施之间的关系,力求取得最优规划方案,最终达到节省工程量、减少投资和最大限度地发挥管道系统效益的目的。

2. 规划内容

(1) 确定适宜的引水水源和取水工程的位置、规模及形式。在井灌区应确定适宜的井位,在渠灌区则应选择适宜的引水渠段。

(2) 确定田间灌溉工程标准,沟畦的适宜长、宽,给水栓入畦方式及给水栓连接软管时软管的适宜长度。

(3) 论证管网类型、研究管网中管道线路的走向与布置方案。确定线路中各控制阀门、保护装置、给水栓及附属建筑物的位置。

(4) 拟定可供选择的管材、管件、给水栓、保护装置、控制阀门等设施的系列范围。

3. 规划的主要技术参数

(1) 灌溉设计保证率。根据当地自然条件和经济条件确定,但应不低于 75%。

(2) 管道灌溉系统水利用系数。井灌区应不低于 0.95,渠灌区管道系统水利用系数应不低于 0.90。



图 2-1 管灌系统规划流程图

(3) 田间水利用系数。应不低于 0.85。

(4) 灌溉水利用系数。井灌区不低于 0.80，渠灌区不低于 0.70。

(5) 规划区灌水定额。根据当地试验资料确定，无资料地区可参考邻近地区试验资料确定。

4. 规划步骤

(1) 调查收集规划前所需要的基本资料、当地农业区划、农业发展规划、水利规划和农田基本建设规划等基本情况，并应进行核实和分析。

(2) 进行水量平衡分析，确定管道输水灌溉区规模。

(3) 实地勘测并绘制规划区平面图，在图中标明沟、渠、路、林及水源的位置和高程。

(4) 确定取水工程位置、范围和形式。

(5) 进行田间工程布置，确定管网形式和畦田规格。

(6) 根据管网类型、给水装置位置，选择适宜的管网线路，确定保护设施及其他附属建筑物位置。

(7) 汇总管网各级管道长度、给水装置、保护设施、连接管件及其他附属建筑物的数量。

(8) 选择适宜的管材、给水分水装置及保护设施，对没有性能指标说明的材料和设备应通过试验确定其性能。

综上所述，管网系统规划步骤可概括为图 2-1 所示的框图。

5. 规划成果

规划阶段的成果是包括以下内容的工程规划报告。

(1) 序言。

(2) 基本情况与资料。

(3) 主要技术参数。

(4) 水量供需平衡分析。

(5) 规划方案比较。

(6) 田间工程布置。

(7) 机井装置。

(8) 投资估算。

(9) 经济效益分析。

(10) 附图。

1) 1:5000~1:10000 水利设施现状图。

2) 1:5000~1:10000 管道灌溉工程规划图。

3) 1:1000~1:2000 典型管道系统布置图。

第二节 基本资料的收集

管道系统规划设计之前，必须收集以下基本资料，经过对资料进行分析后，便可作为系统规划设计的依据。

1. 近期与中长期发展规划

近期与中长期发展规划包括农田基本建设规划、农业发展规划、水利区划和水利中长期发展供求规划等，以及规划区今后人口增长、工业与农业发展目标、耕地面积与灌溉面积变化趋势和可供水资源量与需水量。

2. 地形地貌

灌区规划阶段用 1:5000~1:10000 地形图。管网布置用 1:500~1:2000 局部地形图。局部地形图上要标明行政区划、灌区位置、控制范围边界线，以及耕地、村庄、沟渠、道路、林带、池塘、井泉、水库、河流、泵站和输电线路等。地形变化明显处要注明高程。

3. 水文气象

年、月、旬平均气温，最低、最高气温；多年、月平均降水量，降水特征，旱、涝灾情特点；年、月平均蒸发量，最大、最小月蒸发量；月或旬日照小时数；无霜期及始、终日期；土壤冻结及解冻时间，冻土层深度；主风向及风速等。

4. 土壤及其特性

土壤类型及分布，土壤质地和层次，耕作层厚度及养分状况，土壤主要物理化学性能等。如无土壤普查资料，参考以下指标进行调查实测。

(1) 土壤质地分类。野外调查可参考表 2-1 中内容的要求用指测法鉴定土壤质地。取样法可参考表 2-2 中的指标要求对土壤进行颗粒分析并鉴定土壤质地及分类。

表 2-1

指测法鉴定土壤质地指标

质地类型	在手掌中研磨时的感觉	用放大镜观察	干燥时状态	湿润时状态	揉捻时的状态
砂土	砂粒感觉	几乎完全由砂粒组成	土粒分散不成团	流砂不成团	不能揉成细条
砂壤土	不均质、主要是砂粒的感觉，也有细土粒的感觉	主要是砂粒，也有较细的土粒	用手指轻压或稍用力，能碎裂成块	无可塑性	揉成的细条易裂成小段或小瓣
壤土	感觉到砂质和粘质土粒	还能见到砂粒	用手指难于捏破干土块	可塑	能揉成完整的细条，在弯曲成圆环时裂开成小瓣
壤粘土	感到有少量砂粒	主要有粉砂或粘粒，几乎没有砂粒	用手指不能压碎干土块	可塑性良好	易揉成细条，但在卷成圆环时有裂痕
粘土	很细的均质土，难于碎成粉末	均质的细粉末，没有砂粒	形成坚硬的土块，用锤击难于使其粉碎	可塑性良好，呈粘糊体	易揉成细条，卷成圆环不产生裂痕

(2) 土壤主要物理性能。包括土壤容重 γ 和土壤田间持水率 β 。土壤容重是指自然状态下单位体积干土重；土壤田间持水率 β 是土壤中可供作物吸收利用的水分含量的上限，也是灌溉后土壤含水量的上限。一般作物所需的适宜含水量应保持在田间持水量的 60%~100%。无实测资料时，可参考表 2-3 中不同质地土壤干容重和耕作层田间持水率选取参数。

5. 灌溉水源

(1) 地下水。年内最高与最低埋深及出现时间,含水层厚度及埋藏深度、地下水水力坡度、流速、给水度、渗透系数及井的涌水量等有关资料。给水度、渗透系数、入渗补给量、入渗补给系数等参数可参考表 2-4~表 2-7。

(2) 河水。收集当地或相关水文站中不同水平年水位及流量的年内分配过程,水位流量关系曲线及年内含沙量的分配等资料。

(3) 水库塘坝。收集流域降雨径流情况、历年蓄水情况、水位库容曲线、水库调节性能及可供灌溉用水量。

6. 水利工程

掌握现有水利设施状况,在井灌区

表 2-2

土壤质地分类表

土壤质地		颗粒组成 (%)		
类别	名称	砂 粒 1~0.05 mm	粗 粉 粒 0.05~0.01 mm	粘 粒 <0.001 mm
砂土	粗砂土	>70		
	中砂土	60~70		
	细砂土	50~60		
壤土	砂壤土	>20	>40	<30
	粉 壤 土	<20		
	粉壤土	>20	<40	
	粘壤土	<20		
	砂壤土	>50		>30
粘土	粉粘土			30~35
	壤粘土			35~40
	粘 土			>40

表 2-3

耕作层土壤主要特性

土壤质地名称	干容重 γ (g/cm ³)	田间持水率		备 注
		重 量 (%)	体 积 (%)	
砂 土	1.45~1.6	16~22	26~32	田间持水率(体积%)=田间持水率(重量%) ×土壤容重 γ
砂壤土	1.36~1.54	22~30	32~40	
轻壤土	1.40~1.52	22~28	30~36	
中壤土	1.40~1.55	22~28	30~35	
重壤土	1.38~1.54	22~28	32~42	
轻粘土	1.35~1.44	28~32	40~45	
中粘土	1.30~1.45	25~35	35~45	
重粘土	1.32~1.40	30~35	40~50	

表 2-4

某些松散岩石的给水度平均值

岩 性	砾 砂	粗 砂	中 砂	细 砂	极细砂	亚砂土	亚粘土
给水度	0.30~0.35	0.25~0.30	0.20~0.25	0.15~0.20	0.08~0.15	0.08~0.10	0.04~0.07

表 2-5

渗透系数经验值

单位: m/d

岩 性	渗透系数	岩 性	渗透系数	岩 性	渗透系数
重亚粘土	<0.05	粉土质砂	0.50~1.00	砾 石	100~500
轻亚粘土	0.05~0.10	细 粒 砂	1.0~5.0	漂 砾 石	20~150
亚 粘 土	0.10~0.50	中 粒 砂	5~10	漂 石	500~1000
黄 土	0.25~0.50	粗 粒 砂	20~50		

表 2-6

不同灌水定额入渗补给量

单位: mm

灌水定额(m^3/hm^2)	300	450	600	750	900	1050	1200
地下水埋深(m)							
1.0	4.0	10.0	17.0	25.0	34.0	49.0	72.0
1.5	—	1.5	4.0	9.0	16.0	25.0	38.0
2.0	—	—	—	2.0	5.0	10.0	20.0

表 2-7

不同气候条件下降雨入渗补给系数 α 值

条 件	地下水埋深(m)	1~2		2~4		4~6		7	
		土质	亚 砂	亚 粘	亚 砂	亚 粘	亚 砂	亚 粘	亚 砂
丰 水 年			0.26	0.26	0.22	0.21	0.19	0.21	0.18
平 水 年			0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.17	0.14
干 旱 年			0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.10

要搜集已建成井的数量、分布、出水量、机泵性能、运行状况、历年灌溉面积等。对于河和水库灌区还要搜集水库和引水建筑物类别、有关尺寸、引水流量、灌溉面积、供水保证程度、各级渠道配套情况、设施完好状况、渠系水利用率和灌溉水利用率等。

7. 灌溉试验资料

搜集当地或类似地区已有的灌溉试验资料。包括灌溉回归系数、降雨入渗补给系数、水蒸发系数、主要作物需水量以及各生育阶段适宜土壤含水率、需水规律、灌溉制度、水技术要素及渠灌区各级渠道水利用系数等。

8. 管材管件资料

调查厂家生产管材管件的规格、性能、造价和质量。若厂家出厂的产品有关技术资料不足时, 还要通过试验取得设计所需要的数据。有关管材、管件种类等可参考第五章。

9. 社会经济

社会经济包括规划区内人口、劳力、耕地面积、林果面积、作物种类、种植比例、棉等作物产量, 农、林、牧、副各业产值, 分配与积累、交通能源、建材状况等。

第三节 水量供需平衡分析

水量供需平衡分析应以区划为单元进行。井灌区如已超采, 规划时应根据水量供需平衡分析结果, 确定适宜的管灌面积和作物种植结构, 以控制地下水超采。大型灌区的水通常还要为城镇工业及生活供水, 因此, 管灌系统规划时的水量供需平衡分析就更为重要。

一、可供水量分析

平原地区井灌区以开采浅层地下水为主, 由于浅层地下水的补给随气象(降雨、蒸发等)和水文条件而变化。所以, 在确定开采量之前, 必须进行规划区地下水资源的分析计算。即根据当地水文地质资料分析计算出地下水补给量, 以此作为井灌区规划的依据。

1. 降雨入渗补给量

降雨是浅层地下水的主要补给源之一, 降雨入渗补给量与降雨强度、降雨的雨型、

雨前的土壤状况及地下水等诸因素有关。为简化计算，可根据灌溉设计保证率选取设计降雨年，然后从当地水文地质资料中查得降雨入渗补给系数，由下式计算降雨入渗补给量。

$$W_1 = 0.001KPA \tag{2-1}$$

式中： W_1 为降雨入渗补给量， m^3 ； K 为降雨入渗补给系数； P 为设计年降水量， mm ； A 为地下水补给面积， m^2 。

2. 侧向补给量

侧向补给是影响浅层地下水储量的因素之一。根据区域均衡法原理将规划区作为一个储水整体，计算一年内区域边界补给或排泄的水量。

$$W_2 = 365Kh_{\text{含}} \sum (L_iJ_i) \tag{2-2}$$

式中： W_2 为侧向补给量（补给为正，排泄为负）， m^3 ； K 为含水层渗透系数， m/d ； $h_{\text{含}}$ 为补给区中地下水含水层厚度， m ； L_i 为补给区边界长度， m ； J_i 为补给区内对应边界的地下水坡度。

3. 灌溉回归水量

规划区内渠灌和井灌水均会部分入渗补给地下水。灌溉回归水量受多种因素影响。因此，一般由当地水文地质资料查得的灌溉回归系数计算灌溉回归水量。

$$W_3 = 10\beta M_{\text{毛}} A \tag{2-3}$$

式中： W_3 为灌溉回归水量， m^3 ； β 为灌溉回归系数； $M_{\text{毛}}$ 为毛灌溉定额， mm ； A 为灌溉面积， hm^2 。

4. 地下水总补给量（可开发利用量）

地下水埋深较浅时，潜水蒸发是地下水主要消耗项之一，但平原地区井灌区地下水一般埋深较大，通常可不考虑该项。因此，地下水总补给量计算如下：

$$W_{\text{供}} = W_1 + W_2 + W_3 \tag{2-4}$$

二、需水量分析

1. 灌溉用水量 $W_{\text{需}}$

灌溉用水量是指灌溉土地需从水源取水的水量，它是根据灌溉面积、作物种植情况、土壤、水文地质和气象条件等因素决定。灌溉用水量随年降水量及降雨的年内分配情况而变化。因此，必须在对历年降水资料进行统计分析的基础上，按已确定的灌溉设计保证率确定典型水文年份进行规划设计。一般以典型水文年份的气象资料作为依据计算灌溉用水量，通常选 75% 和 50% 的水文年份作为典型水文年份。

(1) 灌溉设计标准。我国灌溉规划中通常采用灌溉保证率法确定灌溉工程设计标准。灌溉设计保证率因各地自然条件、作物种类、经济条件的不同而各异，可参考表 2-8 进行选择。

表 2-8 灌溉设计保证率

地区类型	缺水地区		丰水地区	
作物种类	以旱作物为主	以水稻为主	以旱作物为主	以水稻为主
灌溉设计保证率 (%)	50~75	70~80	70~80	75~95

(2) 净灌溉定额。作物净灌溉定额指作物生育期内实际需水量减去作物生育期内有效降水、土壤水和地下水利用量，可按下式计算或由《中国主要农作物需水量等值线图》查得。

$$M_{\text{净}} = k(ET_c - P_0 - S) \quad (2-5)$$

式中：\$M_{\text{净}}\$ 为作物净灌溉定额，mm；\$ET_c\$ 为作物生育期内实际需水量，mm；\$S\$ 为土壤水及地下水利用量，mm，井灌区地下水埋深较深，可不考虑该项；\$k\$ 为局部灌溉修正系数，管道输水灌溉可取 1.0；\$P_0\$ 为有效降雨量，mm，由式 (2-6) 计算。

$$P_0 = \sum f_i P_i \quad (2-6)$$

式中：\$P_i\$ 为作物生长期第 \$i\$ 次降雨量；\$f_i\$ 为降雨有效利用系数，mm，\$P_i < 50\$ mm 时，\$f_i = 1.0\$，\$P_i = 50 \sim 100\$ mm 时，\$f_i = 0.8 \sim 0.75\$，\$P_i > 100\$ mm 时，\$f_i = 0.7\$。

(3) 毛灌溉定额。灌区内种植同一种作物时，毛灌溉定额按式 (2-7) 计算；种植不同作物时，按式 (2-8) 计算综合毛灌溉定额。

$$M_{\text{毛}} = M_{\text{净}} / \eta \quad (2-7)$$

式中：\$M_{\text{毛}}\$ 为毛灌溉定额，mm；\$\eta\$ 为灌溉水利用系数，井灌区 \$\eta \geq 0.8\$，渠灌区 \$\eta\$ 值根据渠系工程状况确定。

$$M_{\text{毛}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \cdots + \alpha_n M_n \quad (2-8)$$

式中：\$M_1, M_2, \cdots, M_n\$ 为不同作物的毛灌溉定额，mm；\$\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n\$ 为不同作物面积占总种植面积比例。

规划区灌溉面积确定后，灌溉用水量由式 (2-9) 计算。

$$W_n = 10 M_{\text{毛}} A \quad (2-9)$$

式中：\$W_n\$ 为灌溉总用水量，m³；\$A\$ 为作物种植面积，mm²。

2. 工业、乡镇企业用水量 \$W_g\$

规划区内工业或乡镇企业用水量根据其生产规模及产品内容，按万元产值取水量计算。

3. 生活用水量 \$W_s\$

规划区内人畜用水量根据人口数量、日用水量及大小牲畜数量计算，日用水量参考人畜供水标准计算。

4. 其他用水量 \$W_q\$

除农业、工业、生活用水量以外的部门用水量。

三、水量供需平衡分析与计算

水量供需平衡可按下式计算：

$$W_{\text{供}} \geq W_n + W_g + W_s + W_q \quad (2-10)$$

水量供需平衡分析应考虑到工业和乡镇企业的发展及人口的增长。若可供水量大于或等于总用水量之和，说明管灌系统规划的面积有灌溉保证，不会引起地下水超采。若可供水量小于总用水量，应开辟新水源。无新水源可开辟时，应调整作物种植结构布局，或减少灌溉面积。

为了达到整个规划区节水增产的目的，应采用先进的节水灌溉技术，减小灌水定额，但

绝不应以超量开采地下水来提高供水保证程度。

【例 2-1】 山东省胶东某井灌区控制面积 1500 hm^2 ，乡镇驻地在区内，灌区内人口 1.5 万人，大小牲畜 2.5 万头，全部采用低压管道输水灌溉后，冬小麦种植面积 1200 hm^2 ，夏玉米复种面积 1150 hm^2 ，棉花 250 hm^2 ，另外种植部分蔬菜。水源以浅层地下水为主，灌区周边主要承受北部边界地下水补给，南部边界有少量排出，东西边界无地下水补给和排出，南北部边界长 $L_n=5.2\text{ km}$ ，北界水力坡度 $J_n=0.005$ ，南界水力坡度 $J_s=0.0015$ ，东西边各长 $L_{ew}=3.0\text{ km}$ ；地下水埋深大于 8 m ；该区多年平均降雨量 $P=650\text{ mm}$ ；灌区范围内为砂壤土，含水层厚度 $h_a=25\text{ m}$ ，渗透系数 $K=25\text{ m/d}$ 。试对该井灌区进行水量供需平衡分析与计算。

解：根据已知条件、前面所述表格及公式计算如下：

(1) 可供水量计算。

1) 降雨入渗补给量 (W_1) 是根据灌区范围内土质及地下水埋深，由表 2-9 取得降雨入渗补给系数 $K=0.15$ ，补给面积 $A=5.2\times3.0=15.6\text{ (km}^2\text{)}$ ，然后按公式 (2-1) 计算：

$$\begin{aligned} W_1 &= 0.001\alpha PA \\ &= 0.001 \times 0.12 \times 650 \times 15.6 \times 10^6 \\ &= 121.68 \text{ (万 m}^3\text{)} \end{aligned}$$

2) 侧向补给量 (W_2) 为

$$\begin{aligned} W_2 &= 365Kh_a L_n (J_n - J_s) \\ &= 365 \times 25 \times 25 \times 5.2 \times (0.005 - 0.0015) \\ &= 415.19 \text{ (万 m}^3\text{)} \end{aligned}$$

3) 地下水埋深大于 8 m ，可忽略不计灌区侧向补给量，灌区侧向补给量 W_3 。

因此，可供水量为 $W_{供} = W_1 + W_2 = 536.87\text{ (万 m}^3\text{)}$

(2) 需水量计算。由《中国主要农作物需水量等值线图》查得该井灌区所在区域主要作物生长期需水量如表 2-9。蔬菜净灌溉定额平均每年按 800 mm 计。

表 2-9 作物生长期缺水		单位: mm		
作物	频率	多年平均	50%	75%
冬小麦		285.8	262.8	309.0
夏玉米				55.3
棉花		153.7	118.8	168.5

1) 灌溉用水量 (W_n)。灌溉水利用系数 η 取 0.9，算得灌溉用水量见表 2-10。

表 2-10 灌区灌溉用水量 单位: mm

项 目	面 积 (hm ²)	频 率					
		多 年 平 均		50%		75%	
		$M_{净i}$ (mm)	W_n (万 m ³)	$M_{净i}$ (mm)	W_n (万 m ³)	$M_{净i}$ (mm)	W_n (万 m ³)
冬 小 麦	1200	285.8	381.1	262.8	350.4	309.0	412.0
夏 玉 米	1150					55.3	70.7
棉 花	250	153.7	42.7	118.8	33.0	168.5	46.8
蔬 菜	50	80.0	40.0	80.0	40.0	80.0	40.0
合 计			463.8		423.4		569.0

表 2-11 规划区总需水量 单位: 万 m³

项目 \ 频率	多年平均	50%	75%
农业	463.8	423.4	569.0
工副业	32.8	32.8	32.8
生活	53.8	53.8	53.8
合计	550.4	510.0	656.1

2) 该区工副业、乡镇企业用水量为 32.8 万 m³。

3) 生活用水量按人均日用水量 40 L, 大小牲畜日用水量平均 35 L, 则 $W_{\text{生活}} = 53.8$ 万 m³。

规划区供需水量及由式 (2-9) 计算的总需水量如表 2-11。

(3) 供需平衡分析。由可供水量和需水量比较可知, 多年平均和 50% 水文年份时供需基本平衡, 即供略大于需。75% 水文年份时尚缺水 119 万 m³。对此可减少小麦种植面积, 或降低灌溉定额, 或采用非充分灌溉技术, 或引地表水补源。实际上, 地下水允许开采深度应进行多年调节计算。此例仅对井灌区水量平衡作简要分析, 以便了解水量供需平衡分析方法。

第四节 取水工程的规划布置

取水工程是管道系统的重要组成部分之一。过去平原井灌区管道灌溉系统规划往往忽视取水工程部分, 尤其是在已建井灌区, 仅在原有水源基础上布置管道, 而没有对原有井布局的合理性进行综合分析。事实上, 取水工程的合理布置, 对整个系统的投入和运行起着重要作用。在新建井灌区, 则应进行整体规划, 合理确定井位。

一、井灌区

新建井灌区发展管道灌溉时, 首先应根据单井出水量确定单井控制灌溉面积, 然后根据规划区面积确定井眼数并进行井位布置。对已建井灌区, 则可根据已有井的现状对机井布局进行适当调整。

(一) 新建井灌区

1. 单井控制灌溉面积

井灌区控制面积通常较小, 规划区内水文地质条件差异也不大。因此, 在地下水利用量与补给量基本平衡的前提下, 可根据当地水文地质条件确定井型、单井出水量, 并由式 (2-11) 计算单井控制灌溉面积。

$$F_0 = QTt\eta(1 - \eta_1)/m \quad (2-11)$$

式中: F_0 为单井控制灌溉面积, 亩; Q 为单井出水量, m³/h; T 为整个规划区轮灌一次所需要的时间, 天; t 为灌溉期每天开机时间, h; η 为灌溉水利用系数; η_1 为干扰抽水的水量削减系数; m 为综合净灌水定额, m³/亩。

2. 井距计算

在井出水量一定的情况下, 可根据单井控制面积和井位布置形式计算井距。在较大的规划区, 通常采用方形排列布井和梅花形网状布井两种井位布置方式, 井距计算公式如下:

$$\text{方形排列布井} \quad L_0 = \sqrt{666.7F_0} = 25.8 \sqrt{F_0} \quad (2-12)$$

$$\text{梅花形网状布井} \quad L_0 = \frac{8\sqrt{3}}{9} \sqrt{666.7F_0} = 27.8 \sqrt{F_0} \quad (2-13)$$

式中： L_0 为井距，m。

3. 规划区内机井眼数

当需水量小于或等于允许开采量时，规划区井数可由规划区灌溉面积和单井控制面积确定如下：

$$N = F/F_0 = Fm/QTt\eta(1 - \eta_1) \quad (2-14)$$

式中： N 为规划区内机井眼数； F 为规划区内灌溉面积，亩；其余符号同前。

4. 井群布置

布置原则。水力坡度较大的地区，应沿等水位线交错布井。水力坡度较小的地区，应采用梅花形或方形网格布井。地面坡度大或起伏不平的地区，井应布置于高处，以便于输水和控制最大的灌溉面积。地面坡度平缓地区，井应布置在其控制区中央。沿河地带，井行应平行与河流布置。此外，还要充分考虑井位与输变电路、道路、井带、排灌渠道等的合理结合。

【例 2-2】 某新建井灌区长 4 km，宽 3 km，面积为 12 km²，单井出水量约 50 m³/h，区内以种植冬小麦、夏玉米和棉花为主，综合净灌水定额为 40 m³/亩，灌水周期为 8 天，灌水期机泵运行时间 15 h/天，灌溉水利用系数为 0.8，抽水削减系数取 0.2，试对该井灌区取水井进行规划布置。

解：根据已知条件，由式 (2-11) ~ 式 (2-14) 计算如下：

(1) 单井控制灌溉面积。

$$F_0 = QTt\eta(1 - \eta_1)/m = 50 \times 8 \times 15 \times 0.8 \times (1 - 0.2)/40 = 96 \text{ (亩)}$$

(2) 井距计算。机井按方格网形布置，则井距为

$$L_0 = 25.8 \sqrt{F_0} = 25.8 \times \sqrt{96} \approx 253 \text{ (m)}$$

(3) 机井眼数。

$$N = F/F_0 = 1500 \times 12/96 \approx 192 \text{ (眼)}$$

(4) 井群布置。

按长边机井布置列数： $N_1 = 4000/253 \approx 16$

按短边机井布置行数： $N_2 = 3000/253 \approx 12$

实际布置井距为 250 m，共 192 眼，每眼井实际控制面积 93.75 亩。

(二) 已建井灌区

已建井灌区的机井成井时间较长，机井质量已发生变化。一些因淤积或地下水位下降而使出水量减少；另一些则由于过多地增打新井造成了机井密度过大、单井出水量过小而形成了不合理的机井布局。因此，在管网规划时应调查规划区内现有机井状况进行普查，必要时对井位进行调整，以便进行合理的管网规划布置。

1. 机井布局的调整

已建井灌区属于下列任一情况时应当调整机井布局。

(1) 机井密度过大，同时抽水时相互影响，以致单井出水量减少，能耗增大，效益降低。

(2) 单井控制面积过大，轮灌周期过长，部分地块不能及时灌溉。

(3) 机井质量不好, 无修复价值, 需更新或新打机井。

(4) 在水力坡度较大的地区, 上下游机井相互影响。

2. 机井布局调整的方法与步骤

(1) 确定规划区内不同水文地质单元各类机井的井距、井数。

(2) 按已确定的井距, 结合地下水流向、单井控制灌溉面积、地形、道路等条件, 将各类机井布置在规划图上。

(3) 初步确定井位之后, 对原有机井实地鉴别分类。若原有井位符合规划要求且机井质量符合规范标准, 则予以保留; 否则, 对原有机井进行修复或改造。若原有机井无法修复或改造时, 则可在原井位附近补打新井。改建规划的井位处无机井时, 则需增打新井。若原有机井质量符合标准, 而井位不符合要求, 可暂时封存以保留备用。

二、渠灌区

渠灌区管道输水灌溉系统, 目前多从支、斗渠取水。支、斗渠高程满足自流灌溉要求时, 将水引入进水池后连接管道或从支渠直接连接管道。当支、斗渠高程不满足自流灌溉要求时, 将水引入进水池后采用水泵提水进入管道。引水时应在支、斗渠引水岸边建分水闸, 分水闸前建拦污栅拦截渠道中杂草, 支、斗渠上建节制闸调节支渠水位、流量。分水闸分水后可通过渠道或涵管引水入管道进水池, 然后进入管道。

第五节 管网规划布置

管网规划与布置是管道系统规划中关键的一部分。一般管网工程投资占管道系统总投资的 70% 以上。管网布置的合理与否, 对工程投资、运行状况和管理维护有很大影响。因此, 对管网规划布置方案应进行反复比较, 最终确定合理方案, 以减小工程投资并保证系统运行可靠。

一、规划布置的原则

(1) 井灌区的管网宜以单井控制灌溉面积作为一个完整系统。渠灌区应根据作物布局、地形条件, 地块形状等分区布置, 尽量将压力接近的地块划分在同一分区。

(2) 规划时首先确定给水栓的位置。给水栓的位置应当考虑到灌水均匀。若不采用连接软管灌溉, 向一侧灌溉时, 给水栓纵向间距可在 40~50 m 之间; 横向间距一般按 80~100 m 布置。在山丘区梯田中, 应考虑在每个台地中设置给水栓以便于灌溉管理。

(3) 在已确定给水栓位置的前提下, 力求管道总长度最短。

(4) 管线尽量平顺, 减少起伏和折点。

(5) 最末一级固定管道的走向应与作物种植方向一致, 移动软管或田间垄沟垂直于作物种植行。在山丘区, 干管应尽量平行于等高线、支管垂直于等高线布置。

(6) 管网布置要尽量平行于沟、渠、路、林带, 顺田间生产路和地边布置, 以利耕作和管理。

(7) 充分利用已有的水利工程, 如穿路倒虹吸和涵管等。

(8) 充分考虑管路中量水、控制和保护等装置的适宜位置。

(9) 尽量利用地形落差实施重力输水。

- (10) 各级管道尽可能采用双向供水。
- (11) 避免干扰输油、输气管道及电讯线路等。

二、规划布置的步骤

根据管网布置原则，按以下步骤进行管网规划布置。

- (1) 根据地形条件分析确定管网类型。
- (2) 确定给水栓的适宜位置。
- (3) 按管道总长度最短原则，确定管网中各级管道的走向与长度。
- (4) 在纵断面图上标注各级管道桩号、高程、给水装置、保护设施、连接管件及附属建筑物的位置。
- (5) 对各级管道、管件、给水装置等，列表分类统计。

三、管网布置

管网布置之前，首先根据适宜的畦田长度和给水栓供水方式确定给水栓间距，然后根据经济分析结果将给水栓连接而形成管网。

渠灌区管网布置比井灌区复杂得多，可借鉴的经验较少，布置规则还不够成熟，故在此不作详细介绍。下面仅介绍井灌区管网布置方法。

1. 井灌区管网典型布置形式

当给水栓位置确定时，不同的管道连接形式形成管道总长度不同的管网，因此，工程投资也不同。在我国井灌区管道输水灌溉的发展过程中，许多研究和施工人员根据水源位置、控制范围、地面坡降、地块形状和作物种植方向等条件，总结出如图 2-2~图 2-8 所示的几种常见布置形式。

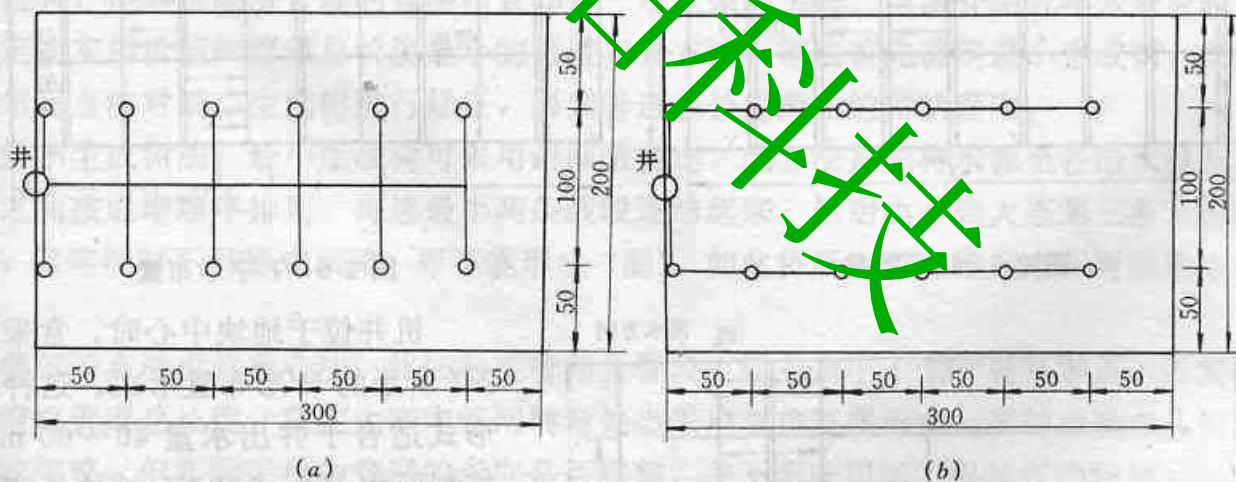


图 2-2 给水栓向一侧分水示意图 (单位: m)

(a) 圭字形布置; (b) 开形布置

机井位于地块一侧，控制面积较大且地块近似成方形，可布置成图 2-2、图 2-3 所示的形式。这些布置形式适合于井出水量 $60 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$ ，控制面积 $150 \sim 300$ 亩，地块长宽比 ≈ 1 的情况。

机井位于地块一侧，地块呈长条形，可布置成一字形、L 形、T 字形，如图 2-4~图 2-6 所示。这些布置形式适合于井出水量 $20 \sim 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ，控制面积 $50 \sim 100$ 亩，地块长宽比不大于 3 的情况。

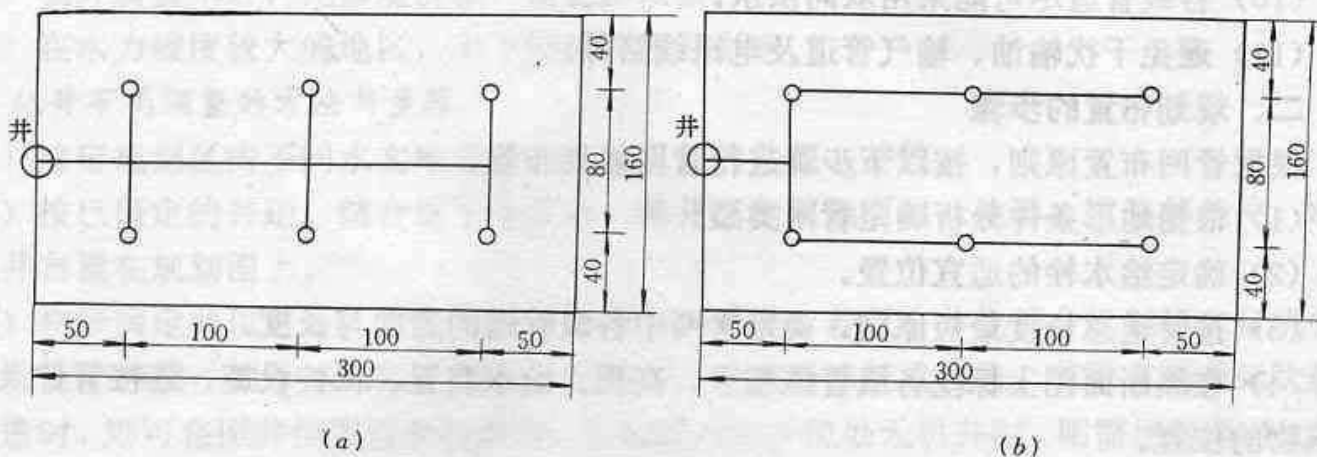


图 2-3 给水栓向两侧分水示意图 (单位: m)
(a) 圭字形布置; (b) 开形布置

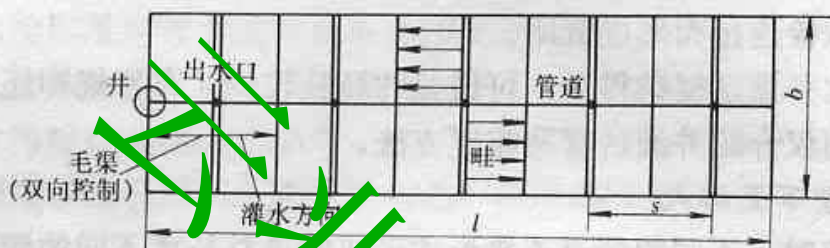


图 2-4 一字形布置

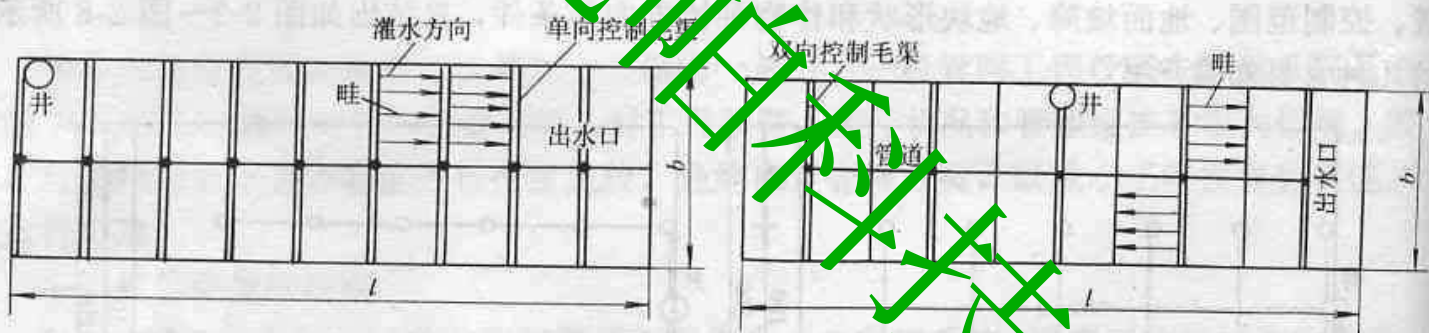


图 2-5 L 形布置

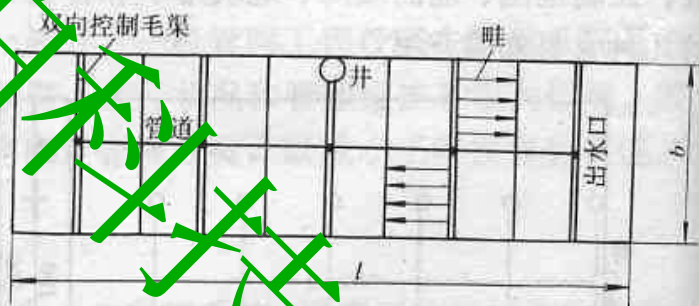


图 2-6 T 字形布置

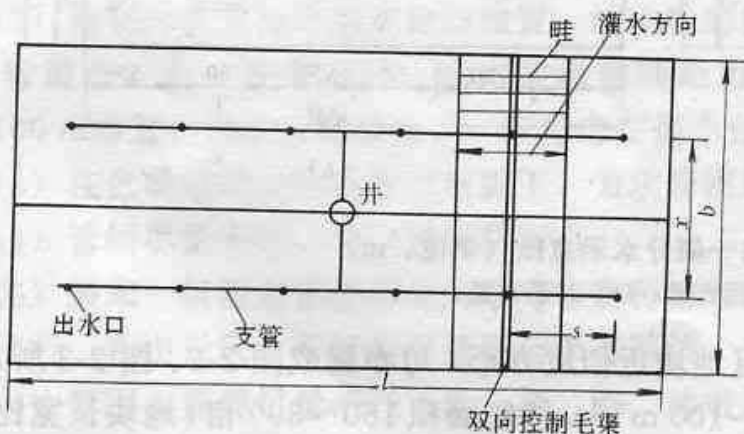


图 2-7 H 形布置

机井位于地块中心时, 常采用图 2-7 所示的 H 形布置形式。这种布置形式适合于井出水量 $40 \sim 60 \text{ m}^3/\text{h}$, 控制面积 $100 \sim 150$ 亩, 地块长宽比不大于 2 的情况。当地块长宽比大于 2 时, 宜采用图 2-8 所示的长一字形布置形式。

【例 2-3】 一形如图 2-2 所示的长方形地块, 纵向边长 300 m, 横向边长 200 m, 总面积 90 亩, 由单井控制,

井位在地块横向边的中间。给水栓呈两行布置, 纵向间距 50 m, 横向间距 100 m。试计算两种布置形式的管道总长度。

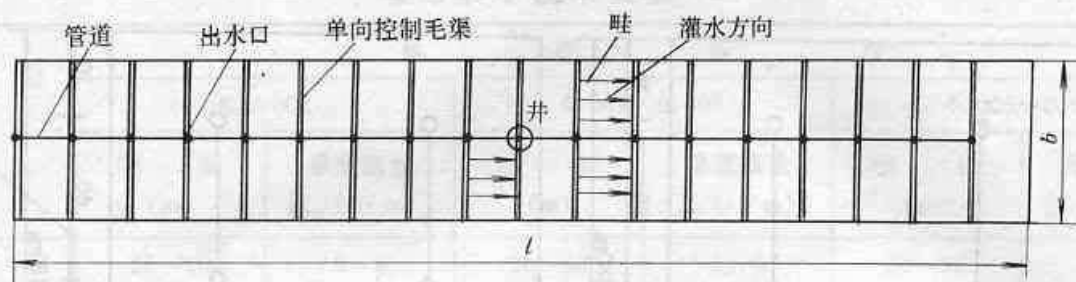


图 2-8 长一字形布置

解：按圭字形连接支管时，管道总长度： $l=25+50\times 5+100\times 6=875$ m；每亩管道长度 9.7 m。若按 T 字形连接支管时，管道总长度仅为 $l=25+100+50\times 5\times 2=625$ m；每亩管道长度 7.0 m。两种布置形式管道长度相差 250 m，T 字形比圭字形可节省管道长度 28.6%。

【例 2-4】 如图 2-3 所示的长方形地块，纵向边长 300 m，横向边长 160 m，总面积 72 亩，由单井控制，井位在地块横向边的中间。给水栓呈两行布置，纵向间距 100 m，横向间距 80 m。试计算两种布置形式的管道总长度。

解：按圭字形连接支管时，管道总长度： $l=50+2\times 100+3\times 80=490$ m，每亩管道长度 6.8 m。若按 T 字形连接支管时，管道总长度为 $l=50+80+4\times 100=530$ m，每亩管道长度 7.4 m。两种布置形式管道长度相差 40 m，圭字形比 T 字形可节省管道长度 8.2%。

2. 树状网总长度最短布置方法

管网布置的实例表明：当给水栓的位置确定之后，不同布置方案生成管网管道总长度差别很大，但寻求经济合理的管网布置却是一项复杂的工作。下面介绍近年来研究较多且有一定的实用价值的管道总长度最小的管道布置方法。该法首先确定最小生成树，然后采用费尔玛点法对最小生成树进行修正，得到管道总长度最小的树状管网。

最小生成树法：最小生成树可采用避圈法确定，此方法是先将水源至各给水栓及各给水栓之间按递增顺序排列，再选最小两条线段连结起来，然后由小到大连第三条、第四条……，但连线时不可形成回路，即不能形成“圈”，如此将各节点连起来即可得到生成最小树。

费尔玛点法也称重心法。此法是在管网各管段之间夹角小于 120° 处补加点，以实现进一步缩短管道总长度。现实生产中管网转弯处多采用直角连接形式，这种布置在几何图形上比较规整，但实际工程中管网的走向是否规整，并不影响田间工程和作物种植。

如图 2-9，给水栓位置已确定田块，按以下步骤构成最小生成树：

- (1) 将所有线段按递增顺序排列，即 50 m→60 m→80 m。
- (2) 连接最短两条线路 50 m→60 m（在不构成回路下全连接起来）。
- (3) 连接 80 m 长线段（为不构成回路，只能连一条线）。

由最小生成树确定的管道总长度为 $50+60\times 4+80=370$ (m)。

采用费尔玛点法对最小生成树进行修正，首先确定图 2-9 $\triangle ABC$ 的重心 K ，然后连接 AK 、 KC 、 KB ，则 $AK=68.6$ m， $KC=47.0$ m， $KB=19.4$ m。 $AK+KC+KB=68.6+47+19.4=135$ (m)，原 $AB+BC=80+60=140$ (m)，故修正后的管网比原管网缩短 5 m，

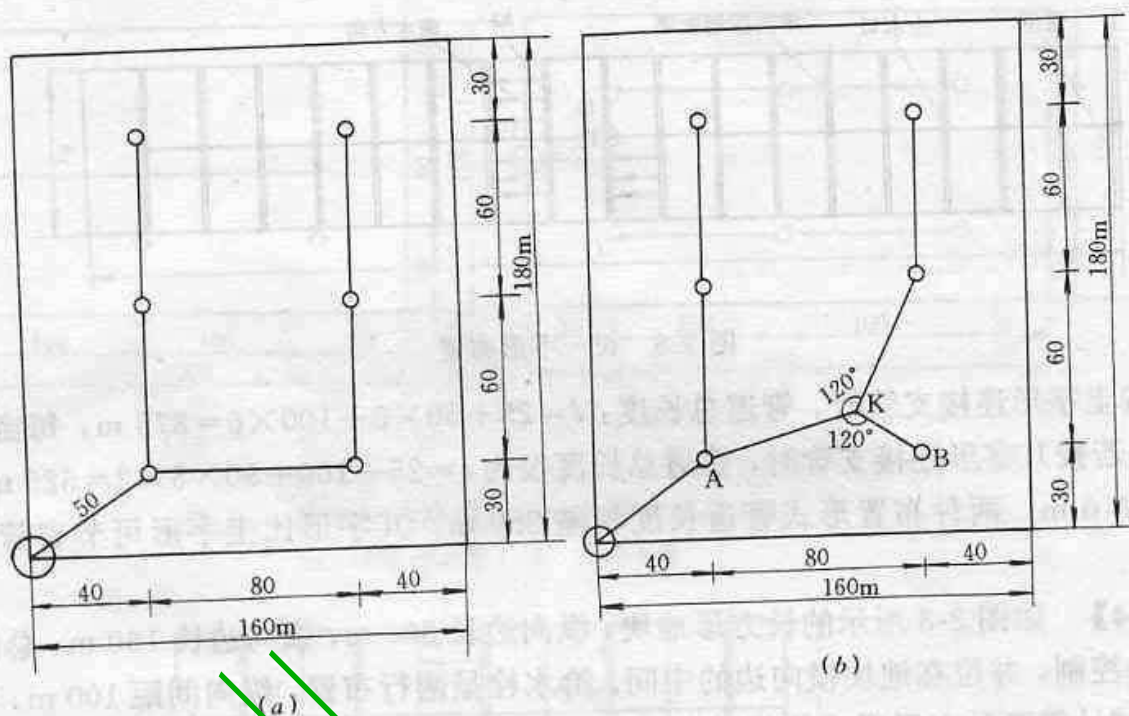


图 2-9 总长度最短树状管网布置示意图

(a) 最小生成树；(b) 修正后的最小生成树

但增加一个异形接头的施工工作量。

第六节 田间灌水系统布置

田间灌水系统是指给水栓以下的田间沟渠或配水间管，以及灌水沟畦规格等。输水失大是造成灌水利用率较低的主要原因，但田间灌水工程标准低也是造成灌溉水浪费的主要原因之一。因此，提高田间灌水工程标准是实现作物合理需水要求、提高整个灌溉系灌水利用率的一项重要措施。

一、沟畦灌水规格

田间水利用系数、灌溉水储存率和灌水均匀度是评价灌水质量的主要技术指标。在生产实践中，这些技术指标往往难以形成最佳组合。因此，必须根据当地条件合理确定灌要素。在管灌系统中，田间灌水工程首先要满足以下标准：

田间水利用系数 $\eta_{\text{田}} = W_{\text{田}} / W_{\text{净}} \geq 0.95$

灌水均匀度 $C_u = 1 - (\sum \Delta Z / Z) \geq 0.95$

式中： $W_{\text{田}}$ 为灌入田间的水量； $W_{\text{净}}$ 为田间计划湿润层所需要水量； Z 为灌后土壤中的蓄水深； ΔZ 为沟畦各点实际蓄水深度与平均蓄水深度的离差。

1. 畦灌灌水要素

畦灌是水在田面上沿畦田纵坡方向流动，逐渐湿润土壤。畦灌灌水要素应根据灌种漏。胶管轮拖额并结合给水栓出口流量、作物布局、灌水定额和土壤质地等因素通过田间试验确定查表 2-12 给出的参考数据。

2. 沟灌灌水要素

表 2-12

畦田灌水技术要素

项 目	地 面 纵 坡					
	≤ 0.002		0.002~0.005		0.005~0.01	
	畦 长 (m)	单宽流量 [L/(s·m)]	畦 长 (m)	单宽流量 [L/(s·m)]	畦 长 (m)	单宽流量 [L/(s·m)]
土壤透水性						
强	25~50	5~6	30~60	5~6	50~70	4~5
中	30~60	5~6	40~70	4~5	60~80	4~5
弱	40~70	4~5	50~80	3~4	80~100	3~4

对于棉花、玉米、薯类及某些蔬菜等多采用沟灌。沟灌是在作物行间开沟引水，水从输水垄沟或闸管系统进入灌水沟后，借毛管作用力湿润沟两侧土壤，以重力作用浸润沟底土壤的灌水方法。为了保证沟灌质量，应合理地确定沟的灌水要素，即灌水沟的沟距、长度、入沟流量和放水时间。沟灌适宜的地面坡度为 3‰~8‰，坡度过大，水流速度快，不易达到预定的灌水定额。灌水沟的沟距应结合作物行距确定，长度应根据地形坡度大小、土壤透水性及地面平整情况确定。灌水沟长度一般为 30~50 m，最长可达 100 m，入沟流量以 0.5~3.0 L/s 为宜。沟灌技术要素选择可参考表 2-13。

表 2-13

灌水沟适宜规格参数表

项 目	地 面 纵 坡					
	≤ 0.002		0.002~0.005		0.005~0.01	
	沟 长 (m)	流 量 (L/s)	沟 长 (m)	流 量 (L/s)	沟 长 (m)	流 量 (L/s)
土壤透水性						
强	30~40	1.0~1.5	40~60	0.7~1.0	60~80	0.6~0.9
中	40~60	0.7~1.0	70~90	0.5~0.6	80~100	0.4~0.6
弱	50~60	0.5~0.6	80~100	0.3~0.5	90~120	0.2~0.4

二、人沟（畦）输水方式

1. 输水垄沟

输水垄沟仍是当前田间灌溉入畦的主要方式，属于末级输水毛渠。田间支管间距一般在 100 m 左右，故分水口向一侧分水的输水垄沟长度在 50 m 左右。这种输水垄沟是农民长期使用的输水方法，就地挖沟培土，施工简单，开口入畦方便。垄沟底与畦田面保持齐平或稍高于田面，两边培土夯实且高于沟内水面。由于输水距离和时间均较短，故产生的输水渗漏损失比较少。

2. 闸管系统

闸管系统是代替输水垄沟的一种先进的节水灌溉措施，是管道系统较理想的配套形式。这种方法是将闸管系统与给水栓连接，水通过闸管直接进入畦田，避免了输水垄沟的部分渗漏。闸管系统在国外使用较早，材质多为橡胶管、尼龙管和铝管，每隔 0.8 m 开一小孔。橡胶管和铝管较短、较重、较贵，尼龙管一般长约 120 m 左右，管径为 145~400 mm，用小轮拖拉机牵引，使用不很方便。近年来，国内已开始研究应用这一技术，我国自行研制

的闸管系统每根长 50 m 左右，管径 90~160 mm，每隔 4 m 开一小放水孔，重量约 3 kg，人工卷起移动方便，抗渗水、抗撕裂性能较强。

闸管一般与末级输水管道垂直布置，这样可控制较多的畦田。闸管也可与管道平行布置，实行退管灌水。特殊情况时，可将数根闸管连接使用，实现远距离输水。田间移动软管布置形式见图 2-10。

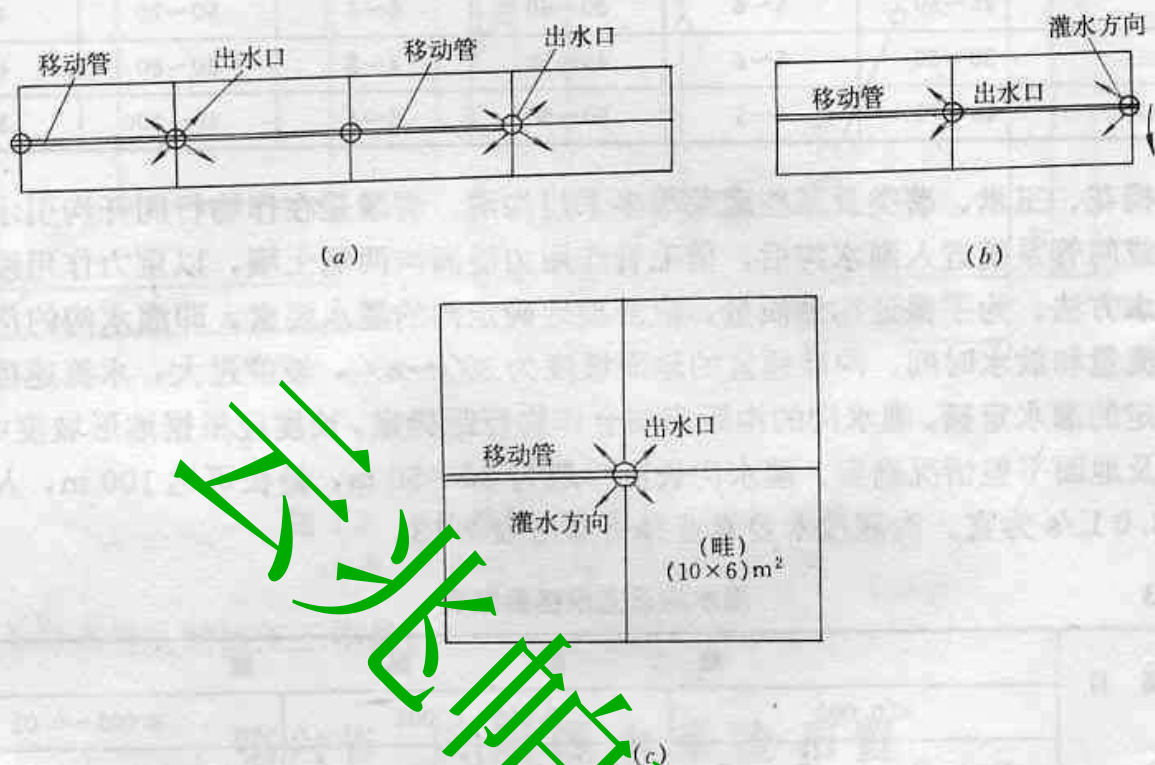


图 2-10 田间移动软管灌水示意图
(a) 长畦双浇；(b) 长畦单浇；(c) 双畦双浇

第三章 水 力 计 算

第一节 管网设计流量计算

管网设计流量是水力计算的依据，由灌溉设计流量决定。灌溉规模确定后，根据水源条件、作物灌溉制度和灌溉工作制度计算灌溉设计流量。然后以灌溉期间的最大流量作为管网设计流量，以最小流量作为系统校核流量。

一、灌溉制度

灌溉制度是指作物播种前（或水稻栽秧前）及全生育期内的灌水次数、每次的灌水日期、灌水定额及灌溉定额。

1. 设计灌水定额

灌水定额是指单位面积一次灌水的灌水量或水层深度。管网设计中，采用作物生育期内各次灌水量中最大的一次作为设计灌水定额，对于种植不同作物的灌区，通常采用设计时段内主要作物的最大灌水定额作为设计灌水定额。小麦、棉花和玉米不同生育期灌水湿润层深度和适宜含水率可参考表 3-1。

$$m = 10h(\beta_1 - \beta_2) \frac{\gamma_{\pm}}{\gamma_{\text{水}}} \quad (3-1)$$

式中： m 为设计净灌水定额，mm； h 为计划湿润层深度，m，一般大田作物取 0.4~0.6 m，蔬菜取 0.2~0.3 m，果树取 0.8~1.0 m； $\gamma_{\text{水}}$ 为水容重， t/m^3 ； $\gamma_{\pm}$ 为计划湿润层土壤干容重， t/m^3 ； β_1 为土壤适宜含水量（重量百分比）上限，取田间持水量的 85%~95%； β_2 为土壤适宜含水量（重量百分比）下限，取田间持水量的 60%~65%， β 为田间持水率，%。

表 3-1 土壤计划湿润层深度和适宜含水率表

冬 小 麦			棉 花			玉 米		
生育阶段	h (cm)	土壤适宜含水率 (%)	生育阶段	h (cm)	土壤适宜含水率 (%)	生育阶段	h (cm)	土壤适宜含水率 (%)
出 苗	30~40	45~60	幼 苗	30~40	55~70	幼 苗	40	55
三 叶	30~40	45~60	现 蕾	40~60	60~70	拔 节	40	65~70
分 蘖	40~50	45~60	开 花	60~80	70~80	孕 穗	50~60	70~80
拔 节	50~60	45~60	吐 絮	60~80	50~70	抽 穗	50~80	70
抽 穗	50~80	60~75				开 花	60~80	
扬 花	60~100	60~75				灌 浆		
成 熟	60~100	60~75				成 熟		

注 土壤适宜含水率以田间持水率的%计。

2. 设计灌水周期

根据灌水临界期内作物最大日需水量值按下式计算理论灌水周期，因为实际灌水中可能出现停水，故设计灌水周期应小于理论灌水周期。

$$T_{理} = m/E_d \quad T < T_{理} \quad (3-2)$$

式中: $T_{理}$ 为理论灌水周期, 天; T 为设计灌水周期; E_d 为控制区内作物最大日需水量, mm/天; m 同前。

控制区内种植不同作物时, 过去多采用不同作物灌水周期中的最短周期作为设计灌水周期, 这样容易造成管网系统流量过大。因此, 种植不同作物时, 建议按下式计算理论灌水周期:

$$T_{理} = mA / \sum_{i=1}^n (E_{di} A_i) \quad (3-3)$$

式中: E_{di} 为设计时段内不同作物的最大日需水量, mm/d; A 为系统设计灌溉总面积, 亩; A_i 为设计时段内不同作物的灌溉面积, 亩; n 为作物种类数; 其余符号同前。

二、灌溉设计流量

根据设计灌水定额、灌溉面积、灌水周期和每天的工作时间可计算灌溉设计流量。在井灌区, 灌溉设计流量应小于单井的稳定出水量。当管灌系统内种植单一作物时, 按式(3-4)计算灌溉设计流量。

$$Q_{设} = 0.667mA / (\eta T t) \quad (3-4)$$

式中: $Q_{设}$ 为管灌系统的灌溉设计流量, m^3/h ; η 为灌溉水利用系数, 取 0.80~0.90; t 为每天灌水时间, h, 取 18~22 h (尽可能按实际灌水时间确定); m 、 A 和 T 同前。

当控制区内种植多种作物时, 首先按式(3-5)计算设计时段内整个系统的综合设计灌水定额, 然后采用式(3-4)计算灌溉设计流量。

$$m_{综} = \sum_{i=1}^n \alpha_i m_i \quad (3-5)$$

式中: $m_{综}$ 为设计时段内的综合设计灌水定额, mm; m_i 为第 i 种作物在该时段内的设计灌水定额, mm; α_i 为第 i 种作物的灌溉面积与全灌区灌溉面积的比值; n 为灌区内作物种类数。

【例 3-1】 某井灌区为中壤土, 土壤容重 $\gamma = 1.5 t/m^3$, 单井出水量 $40 m^3/h$, 设计灌溉面积 100 亩, 以种植冬小麦为主, 生育期最大日耗水强度 $E_d = 7.0 mm/d$, 试计算该井灌区灌水定额、灌水周期和灌溉设计流量。

解: 参考表 3-1, 田间持水率取 25%, 土壤含水量上限取田间持水率的 90%、下限取 65%, 计划湿润层深度取 80 cm, 每天工作时间取 $t = 16 h$, 灌溉水利用系数取 0.8。

$$\begin{aligned} \text{灌水定额} \quad m &= 10h\beta(\beta_1 - \beta_2) \frac{\gamma_{\pm}}{\gamma_{水}} \\ &= 10 \times 80 \times 1.5 \times 25\% \times (90\% - 65\%) \\ &= 75(mm) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{灌水周期} \quad T_{理} &= m/E_d = 75/7 = 10.7(\text{天}) \\ \text{取 } T &= 10(\text{天}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{灌溉设计流量} \quad Q_{设} &= 0.667mA / (\eta T t) \\ &= 0.667 \times 75 \times 100 / (10 \times 16 \times 0.8) \\ &= 39 (m^3/h) \text{ 小于单井出水量 } (40 m^3/h) \end{aligned}$$

三、灌溉工作制度

灌溉工作制度是指管网输配水及田间灌水的运行方式和时间, 是根据系统的引水流量

灌溉制度、畦田形状及地块平整程度等因素制定的。有续灌、轮灌和随机灌溉三种方式。

1. 续灌方式

灌水期间，整个管网系统的出水口同时出流的灌水方式称为续灌。在地形平坦且引水流量和系统容量足够大时，可采用续灌方式。

2. 轮灌方式

在灌水期间，灌溉系统内不是所有管道同时通水，而是将输配水管分组，以轮灌组为单元轮流灌溉。系统同时只有一个出水口出流时称为集中轮灌；有两个或两个以上的出水口同时出流时称为分组轮灌。井灌区管网系统通常采用这种灌水方式。

系统轮灌组数目是根据管网系统灌溉设计流量、每个出水口的设计出水量及整个系统的出水口个数按式 (3-6) 计算的，当整个系统各出水口流量接近时，式 (3-6) 可简化为式 (3-7)。

$$N = \text{int}(\sum_{i=1}^n q_i) / Q_{\text{设}} \quad (3-6)$$

$$N = \text{int}(nq / Q_{\text{设}}) \quad (3-7)$$

式中：\$N\$ 为轮灌组数；\$q_i\$ 为第 \$i\$ 个出水口设计流量，\$\text{m}^3/\text{h}\$；\$\text{int}\$ 为取整符号；\$n\$ 为系统出水口总数；\$Q_{\text{设}}\$ 同前。

然后根据轮灌组数编制轮灌组，编制时应综合考虑六个方面：①每个轮灌组内工作的管道应尽量集中，以便于控制和管理。②各个轮灌组的总流量尽量接近，离水源较远的轮灌组总流量可小些，但变动幅度不能太大。③地形地貌变化较大时，可将高程相近地块的管道分在同一轮灌组，同组内压力应大致相同，偏差不宜超过 20%。④各个轮灌组灌水时间总和不能大于灌水周期。⑤同一轮灌组内作物种类和种植方式应力求相同，以方便灌溉和田间管理。⑥轮灌组的编组运行方式要有一定规律，以利于提高管道利用率并减少运行费用。

3. 随机方式

随机方式用水是指管网系统各个出水口的启闭在时间和顺序上不受其他出水口工作状态的约束，管网系统随时都可供水，用水单位可随时取水灌溉。这种运行方式多在用水单位较多、作物种植结构复杂及取水随意性大的大灌区中采用，本书不作详细介绍。

【例 3-2】 某渠灌区为中壤土，土壤容重 \$\gamma = 1.5 \text{ t}/\text{m}^3\$；管灌控制面积为 10000 亩，其中冬小麦 9000 亩，夏玉米 9000 亩，棉花 1000 亩；生育期最大日耗水强度：冬小麦 \$7.0 \text{ mm}/\text{天}\$、棉花 \$5.0 \text{ mm}/\text{天}\$；灌区设计引水流量 \$3500 \text{ m}^3/\text{h}\$，共规划了 1334 个出水口，采用轮灌方式，单个出水口控制灌溉面积 \$7.5 \text{ 亩}\$、出水流量 \$25 \text{ m}^3/\text{h}\$。试确定该灌区灌水定额、灌水周期、灌溉设计流量及灌溉工作制度。

解：根据灌区各种作物需水规律和种植面积，以冬小麦灌水定额作为设计灌水定额。参考表 3-1 取田间持水率为 25%，土壤含水量上限为田间持水率的 90%、下限为 65%，计划湿润层深度为 \$80 \text{ cm}\$，每天工作时间取 \$t = 20 \text{ h}\$，灌溉水利用系数取 0.8。

$$\begin{aligned} \text{设计灌水定额 } m &= 10h\beta(\beta_1 - \beta_2) \frac{\gamma_{\pm}}{\gamma_{\text{水}}} \\ &= 10 \times 80 \times 1.5 \times 25\% \times (90\% - 65\%) \\ &= 75 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

灌水周期

$$\begin{aligned} T_{\text{理}} &= mA / \sum E_{di} A_i \\ &= 75 \times 10000 / (7.0 \times 9000 + 5.0 \times 1000) \\ &= 11(\text{天}) \end{aligned}$$

取 $T = 10(\text{天})$

灌溉设计流量 $Q_{\text{设}} = 0.667mA / (Tt\eta)$

$$\begin{aligned} &= 0.667 \times 75 \times 10000 / (10 \times 20 \times 0.8) \\ &= 3125 (\text{m}^3/\text{h}) \text{ 小于设计引水流量}(3500 \text{ m}^3/\text{h}) \end{aligned}$$

灌溉工作制度

轮灌组数

$$\begin{aligned} N &= \text{int}(nq/Q_{\text{设}}) \\ &= \text{int}(1334 \times 25/3125) \\ &= 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{出水口实际出水流量 } NQ_{\text{设}}/n &= 10 \times 3125/1334 \\ &= 23.4 (\text{m}^3/\text{h}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{同时工作出水口个数 } \text{int}(n/N) &= \text{int}(1334/10) \\ &= 133(\text{个}) \end{aligned}$$

$$\text{每个轮灌组工作时间 } T/N = 10/10 = 1(\text{天})$$

四、树状管网各级管道流量计算

1. 续灌方式

因为整个系统出水口同时出流, 所以管网中上一级管道流量等于其下一级各管道流量之和。支管各管段设计流量按其控制的出水口个数及各出水口设计流量推算; 同样, 干管各管段设计流量按其控制的支管条数及各支管入口流量推算。

$$Q_{\text{支}i} = \sum_{j=1}^n q_j \quad (3-8)$$

式中: $Q_{\text{支}i}$ 为第 i 条支管入口流量, m^3/h ; q_j 为第 i 条支管第 j 个出水口流量, m^3/h ; n 为第 i 条支管控制的出水口总数。

$$Q_{\text{干}i} = \sum_{j=1}^n Q_{\text{支}j} \quad (3-9)$$

式中: $Q_{\text{干}i}$ 为第 i 段干管流量, m^3/h ; n 为第 i 段干管控制的支管条数; $Q_{\text{支}j}$ 为第 i 段干管第 j 条支管入口流量, m^3/h ; n 为第 i 段干管所控制的支管条数。

【例 3-3】 图 3-1 所示的某管道输水灌溉系统分为干、支两级管道, 出水口设计流量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$, 实行续灌。试计算干管各管段流量。

解: 由于各出水口流量相等, 故各支管入口流量相等, 均为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 。干管各段流量可计算如下:

$$Q_{\text{干}3} = Q_{\text{支}5} + Q_{\text{支}6} = 60 + 60 = 120 (\text{m}^3/\text{h})$$

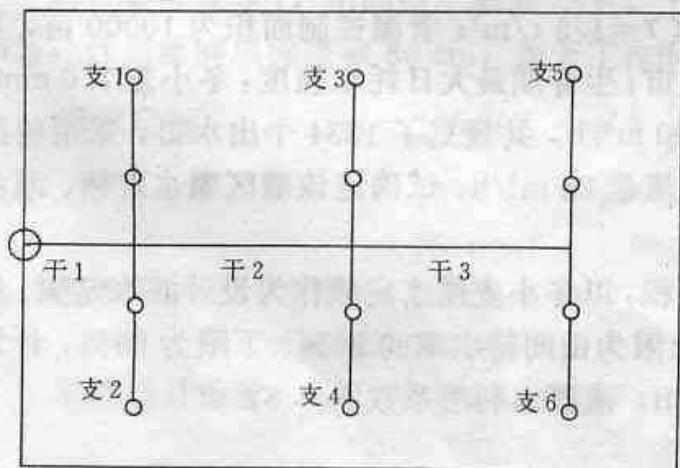


图 3-1 管道输水灌溉系统示例

$$Q_{干2} = Q_{干3} + Q_{支3} + Q_{支4} = 120 + 60 + 60 = 240 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$Q_{干1} = Q_{干2} + Q_{支1} + Q_{支2} = 120 + 120 + 60 + 60 = 360 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

2. 轮灌方式

对于单井出水量小于 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 的井灌区,通常按开启一个出水口的集中轮灌方式运行,此时各条管道的流量均等于井出水量;同时开启的出水口个数超过两个时,按轮灌组计算各级管道流量。

【例 3-4】 以图 3-1 为例,若系统灌溉设计流量为 $120 \text{ m}^3/\text{h}$,出水口设计流量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 。试计算各管段流量。

解: 由系统设计流量和出水口设计流量知,该系统必须采用轮灌方式,按分组计算各管段流量。

轮灌组数: $N = \text{int}(nq/Q_{\text{设}}) = \text{int}(12 \times 30/120) = 3 \text{ (组)}。$

各轮灌组同时开启的出水口个数: $n/N = 12/3 = 4 \text{ (个)}。$

编组: 支₁、支₂ 为第一轮灌组; 支₃、支₄ 为第二轮灌组; 支₅、支₆ 为第三轮灌组。

各支管入口管段流量均为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 、末端管段流量均为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$,干管各管段流量均为 $120 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

五、环状管网管道流量计算

环状管网管道各管段的流量与各节点的流量均有联系,流向任何一节点的流量不止一条管段。在管径未确定的情况下,任一节点的水流方向有多种组合,不可能像树状网一样得到每一管段唯一的流量值。因此,应根据质量守恒定理进行流量分配,即,流向任一节点的流量必须等于流出该节点的流量。计算公式如下:

$$Q_i + \sum q_{ij} = 0 \quad (3-10)$$

式中: Q_i 为节点 i 的节点流量, m^3/h ; q_{ij} 为连接节点 i 的第 j 管段流量(流入节点的流量为正,流出为负)。

第二节 水头损失计算

一、沿程水头损失

在管道输水灌溉管网设计计算中,根据不同材料管材使用范围的流态,通常采用式(3-11)的通式计算有压管道沿程水头损失。也可由附表的不同管材的 100 m 沿程水头损失中直接查得。

$$h_f = f \frac{Q^m}{d^b} L \quad (3-11)$$

式中: f 为沿程水头损失摩阻系数; m 为流量指数; b 为管径指数。各种管材的 f 、 m 、 b 值见表 3-2。

对于地面移动软管,由于软管壁薄、质软并具有一定的弹性,输水性能与一般硬管不同。过水断面随充水压力而变化,其沿程阻力系数和沿程水头损失不仅取决于雷诺数、流量及管径,而且明显受工作压力影响,此外还与软管铺设地面的平整程度及软管的顺直状况等有关。在工程设计中,地面软管沿程水头损失通常采用塑料硬管计算公式计算后乘以

表 3-2

 f, m, b 值

管道种类		$f(Q; m^3/s, d; m)$	$f(Q; m^3/h, d; mm)$	m	b
混凝土及当地材料管	糙率为 0.013	0.00174	1.312×10^6	2.00	5.33
	糙率为 0.014	0.00201	1.516×10^6	2.00	5.33
	糙率为 0.015	0.00232	1.749×10^6	2.00	5.33
旧钢管、旧铸铁管		0.00179	6.250×10^5	1.90	5.10
石棉水泥管		0.00118	1.455×10^5	1.85	4.89
硬塑料管		0.000915	0.948×10^5	1.77	4.77
铝质管及铝合金管		0.000800	0.861×10^5	1.74	4.74

一个系数, 该系数根据软管布置的顺直程度及铺设地面的平整程度取 1.1~1.5。

二、局部水头损失

实际管道往往是由许多管段组成, 有时各管段管径并不一样, 在各管段之间还用各种形式的管件来连接, 如弯管、变径管、三通、四通等; 直管上还可能安装有阀门、量水装置、安全阀等。这样, 水流在流动过程中, 流向或过水断面发生变化, 从而引起能量的转换并伴随有能量的损失, 由此产生的水头损失为局部水头损失。

局部水头损失一般以流速水头乘以局部水头损失系数来表示。管道的总局部水头损失等于管道上各局部水头损失之和。在实际工程设计中, 为简化局部水头损失计算, 通常取沿程水头损失的 10%~15%。

$$h_j = \sum \frac{\xi v^2}{2g} \quad (3-12)$$

式中: h_j 为局部水头损失, m; ξ 为局部水头损失系数, 可由表 3-3 或相关设计手册中查出; v 为断面平均流速, m/s; g 为重力加速度, m/s², $g=9.81$ 。

三、串联管道与并联管道水力计算

1. 串联管道

由管径不同的管段依次连接而成的管道, 称为串联管道。串联管道内的流量可以是沿程不变的; 也可以是沿程每隔一定距离有流量分出, 从而各段有不同的流量。因为各管段的流量、直径不同, 所以各管段的流速也不同。这时, 整个管道的总水头损失等于各管段水头损失之和。

$$h_w = \sum_{i=1}^n h_{wi} = \sum_{i=1}^n (h_{fi} + h_{ji}) \quad (3-13)$$

式中: h_w 为串联管道总水头损失, m; h_{wi} 为串联管道各管段的水损失, m; n 为串联管道管段数。

2. 并联管道

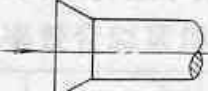
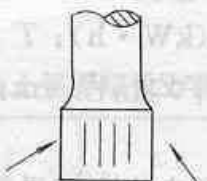
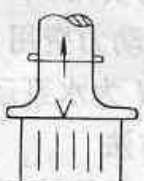
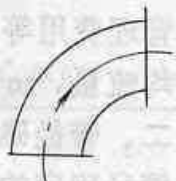
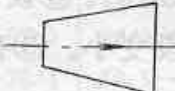
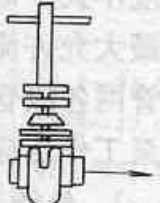
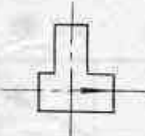
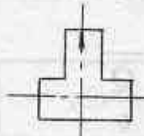
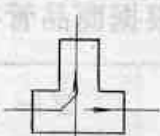
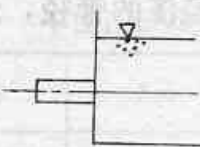
凡是两条或两条以上的管道从同一点分叉而又在另一点汇合所组成的管道称为并联管道。在汇合点, 管道的流量等于各分支管道流量之和, 而各分支管道的水头则相等。因此, 按下列公式计算水头损失。

$$\left. \begin{aligned} h_w &= h_{w1} = h_{w2} = h_{w3} = \dots \\ Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots \end{aligned} \right\} \quad (3-14)$$

式中： Q 为管道总流量； Q_1 、 Q_2 、 Q_3 …分别为并联的各条管道流量； h_w 为管道总水头损失； h_{w1} 、 h_{w2} 、 h_w …分别为并联的各条管道水头损失。

表 3-3

局部水头损失系数

直角状进口	喇叭状进口	滤网	滤网带底阀	90° 弯头
				
0.5	0.2	2~3	5~8	0.2~0.3
40° 弯头	渐细接头	渐粗接头	逆止阀	闸阀全开
				
0~0.15	0.1	0.25	1.7	0.1~0.5
直流三通	折流三通	分流三通	直流分支三通	出口
				
0.1	1.5	1.5	0.1~1.5	1.0

第三节 管 径 确 定

在各级管道流量已确定的前提下，各级管道管径的选取，对管网投资和运行费用有很大影响。对于有压输配水管道，当选用的管径增大时，管道流速减小，水头损失减小，相应的水泵提水所需的能耗降低，能耗费用减少，但是管材造价却增大。当选用管径减小时，管道流速增大，水头损失相应增大，能耗随之增高，能耗费用也增大，但管材造价却可降低。在一系列的管径中，可选取在投资偿还期内，管网投资年折算费用与年运行费用之和最小的一组管径，即经济管径。

一、管网年费用

管网年费用是指管网系统在投资偿还期内，管网投资年折算费用与年运行费用之和。即为

$$F = \alpha F_g + F_y \quad (3-15)$$

式中： F 为管网系统在投资偿还期内的年费用； F_g 为管网系统工程总造价，包括水源之外的所有固定管道、移动管道、管件及附属设施费用； α 为均付因子； F_y 为管网系统年管理

运行费, 包括动力、维修和管理费用; αF_g 为管网造价年折算费用。

$$\alpha = i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1] \quad (3-16)$$

式中: i 为年利率或折算率, %; n 为复利的期数。

$$F_y = F_d + \beta F_g + G = 9.8ETQ_0(H_0 + H)/\eta + \beta F_g + G \quad (3-17)$$

式中: F_d 为管网年动力费用; β 为年维修费率, 以管网造价 % 计; βF_g 为管网年维修费用; G 为管理费用等; E 为动力费用, 元/(kW·h); T 为水泵年运行时间, h; Q_0 为水泵运行时平均流量, m³/h; H 为水泵运行时平均扬程, m; η 为机泵综合效率。

二、管径确定的方法

管径确定的方法有计算简便的经济流速法和界限设计流量法, 还有借助于计算机进行的多种管网优化计算方法。

无论采用哪种方法进行管径确定, 都应满足约束条件: ①管网任意处工作压力的最大值应不大于该处材料的公称压力。②管道流速应不小于不淤流速 (一般取 0.5 m/s), 不大于最大允许流速 (通常限制在 2.5~3.0 m/s)。③设计管径必须是已生产的管径规格。④树状管网各级管道管径应由上到下逐级逐段变小。⑤在设计运行工况下, 不同的运行方式时水泵工作点应尽可能在高效区内。

1. 经济流速法

在井灌区和其他一些非重点的管道工程设计中, 多采用计算工作量较小的经济流速法。该法是根据不同的管材确定适宜流速, 然后由管道水力学公式计算或由附表 13 查得一组比较经济的管径, 最后根据商品管径进行标准化修正。

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4Q}{3600\pi v}} = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (3-18)$$

式中: d 为管道直径, mm; v 为管道内水的流速, m/s; Q 为计算管段的设计流量, m³/h。

经济流速受当地管材价格、使用年限、施工费用及动力价格等因素的影响较大。若当地管材价格较低, 而动力价格较高, 经济流速应选取较小值, 反之则选取较大值。因此, 在选取经济流速时应充分考虑当地的实际情况。表 3-4 列出了不同管材经济流速的参考值。

表 3-4 经济流速表

管 材	钢筋混凝土	混凝土水泥	石棉水泥	水 泥 土	硬 塑 料	陶 瓷
v (m/s)	0.8~1.5	0.8~1.4	0.7~1.3	0.5~1.0	1.0~1.5	0.6~1.1

【例 3-5】 某井灌区单井出水量 42 m³/h, 管道设计流量 40 m³/h, 一个出水口出流, 拟采用 PVC 管材作输配水管道, 试求经济管径。

解: 根据经济流速方法, 查表 3-4 选用经济流速 $v=1.2$ m/s, 查附表 13 得: 当 $Q=40$ m³/h, $v=1.2$ m/s 时, $d=109$ mm。故选用 $d=110$ mm 的商品管径。

2. 界限设计流量法

每种标准管径不仅有相应的最经济流量, 而且有其界限设计流量, 在界限设计流量范围内, 只要选用这一管径都是比较经济的。

确定界限设计流量的条件是相邻两个商品管径的年费用折算值相等。当两种管径的折

算费用相等时,相应的流量即为相邻管径的界限设计流量。例如,设 $d_1 < d_2 < d_3$,若 Q_1 既是管径 d_1 的上限设计流量,又是管径 d_2 的下限设计流量; Q_2 既是管径 d_2 的上限设计流量,又是管径 d_3 的下限设计流量。则,凡是管段流量在 Q_1 和 Q_2 之间的,应选用 d_2 ,否则就不经济。标准管径分档越细,则管径的界限设计流量范围也越小。

表 3-5 和表 3-6 是管道输水灌溉中常用的塑料管材和混凝土管材的界限设计流量和经济管径,设计时可参考使用。

d (mm)	a	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
63		<15.0	<12.5	<10.5	<8.8	<7.6	<6.1	<5.1
75		15.0~21.5	12.5~18.2	10.5~15.4	8.8~13.1	1.3~11.1	6.1~9.4	5.1~7.9
90		21.5~31.8	18.2~27.2	15.4~23.4	13.1~20.0	11.1~17.2	9.4~14.7	7.9~12.6
110		31.8~44.8	27.2~38.9	23.4~33.7	20.0~29.2	17.2~25.3	14.7~22.0	12.6~19.0
125		44.8~57.4	38.9~50.2	33.7~43.9	29.2~38.3	25.3~33.5	22.0~29.3	19.0~25.6
140		57.4~73.8	50.2~65.0	43.9~57.3	38.3~50.5	33.5~44.5	29.3~39.2	25.6~34.5
160		73.8~95.5	65.0~84.9	57.3~75.4	50.5~67.0	44.5~59.5	39.2~52.9	34.5~47.0
180		95.5~120.1	84.9~107.5	75.4~96.2	67.0~86.1	59.5~77.1	52.9~69.0	47.0~61.8
200		120.1~150.7	107.5~135.9	96.2~122.6	86.1~110.5	77.1~99.7	69.0~89.9	61.8~81.1
225		>150.7	>135.9	>122.6	>110.5	>99.7	>89.9	>81.1

注 管径指数 $b=5.33$, 流量指数 $m=2.0$ 。

d (mm)	a	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
63		<16.4	<13.5	<11.1	<9.2	<7.3	<6.2	<5.1
75		16.4~23.4	13.5~19.5	11.1~16.3	9.2~13.6	7.3~11.4	6.2~9.5	5.1~7.9
90		23.4~34.3	19.5~29.0	16.3~24.6	13.6~20.8	11.4~17.6	9.5~14.9	7.9~12.6
110		34.3~48.1	29.0~41.2	24.6~35.3	20.8~30.3	17.6~25.3	14.9~22.2	12.6~19.0
125		48.1~61.4	41.2~53.0	35.3~45.8	30.3~39.6	25.3~34.5	22.2~29.6	19.0~25.6
140		61.4~78.5	53.0~68.5	45.8~59.7	39.6~52.1	34.5~45.4	29.6~39.6	25.6~34.5
160		78.5~101.2	68.5~89.1	59.7~78.4	52.1~69.0	45.4~60.7	39.6~53.4	34.5~47.0
180		101.2~126.8	89.1~112.5	78.4~99.8	69.0~88.5	60.7~78.5	53.4~69.6	47.0~61.8
200		126.8~158.6	112.5~141.8	99.8~126.8	88.5~113.4	78.5~101.4	69.6~90.7	61.8~81.1
225		>158.6	>141.8	>126.8	>113.4	>101.4	>90.7	>81.1

注 管径指数 $b=4.77$, 流量指数 $m=1.74$ 。

第四节 树状管网水力计算

树状管网水力计算是在管网布置和各级管道流量已确定的前提和满足约束条件下,计算各级管道的经济管径。对于管道首端水压未知时,根据管径、流量、长度计算水头损失,确定首端工作压力,从而选择适宜机泵。对于管道首端水压已知时,则是在满足首端水压条件下,确定管网各级管道的管径。

一、确定管网水力计算的控制点

管网水力计算的控制点是指管网运行时所需最大扬程的出流点，即最不利灌水点。一般应选取离管网首端较远且地面高程较高的地点。在管网中这两个条件不可能同时具备，因此应在符合以上条件的地点中综合考虑，选出一个最不利灌水点为设计控制点。在轮灌方式中，不同的轮灌组应选择各轮灌组的设计控制点。

二、确定管网水力计算的线路

管网水力计算线路是自设计控制点到管网首端的一条管线。对于不同的轮灌组，水力计算的线路长度和走向不同，应确定各轮灌组的水力计算线路。对于续灌方式则只需选择一条计算线路。

三、确定管段流量

在已确定的计算线路中，首先分别计算各级管道的流量。将给水栓作为节点，根据各节点出流量及各管段流量，自控制点沿计算线路向上游逐级推算各管段设计流量。不同轮灌组的计算线路的管段流量可列表计算。同时，还应计算出各配水支管中各管段的流量。

四、各管段管径及水头损失计算

1. 给水栓工作水头

在采用移动软管的系统中，一般采用管径为 $\phi 50 \sim 110$ mm 的软管，长度一般不超过 100 m。给水栓工作水头计算如下：

$$H_g = h_{yf} + h_{gj} + \Delta H_{gy} + (0.2 \sim 0.3) \quad (3-19)$$

式中： H_g 为给水栓工作水头，m； h_{yf} 为移动软管沿程水头损失，m； h_{gj} 为给水栓局部水头损失，m； ΔH_{gy} 为移动管道出口与给水栓出口高差，m。

当出水口直接配水入畦时，式 (3-19) 中 $h_{yf}=0$ ， $\Delta H_{gy}=0$ 。

2. 干管各管段管径确定

对于需配置机泵的管网，首先根据各管段流量和管材确定经济流速，然后根据管段流量和经济流速确定管径。在工程运行中，通常上级管道累计通过的水量大于下级管道，故上级管道的水头损失在运行费用中所占的比例也大于下级管道。因此，确定经济流速时，累计通过水量大的管段应选较小值，累计通过水量小的管段应选较大值。不同管材所选流速范围参考表 3-4。

对于已有水泵或自压管网系统，由于管网首端水压已定，首先应根据各出水口高程及所需水头计算线路中各级管道的水力坡度，然后根据各管段设计流量计算管径，最后选择与计算管径值接近的商用管径。

管径选择时，下游管径不应大于上游管径。选择完毕后，还应根据不淤流速和最大允许流速校核各级管道的流速。

3. 水头损失计算

根据选用的管材和各管段管径，计算各管段沿程水头损失和局部水头损失。不同轮灌组各管段管径和水头损失应分别计算。在各轮灌组共用的干管管段中应当选取相同的管径，最后选取管网首端压力最高的轮灌组压力为系统设计压力。计算时，局部水头损失可按沿程水头损失的一定比例简化计算，一般为沿程水头损失的 10%~15%。控制线路的水力计算可采用表 3-7 格式进行。

表 3-7

控制线路的水力计算表

管 段	长 度 (m)	流 量 (L/s)	经济流速 (m/s)	管 径 (mm)	校核流速 (m/s)	h_f (m)	h_f (m)	h_w (m)
1~2								
2~3								
...								
(n-1)~n								
合 计								

注 表中 h_f 为沿程水头损失, h_f 为沿程水头损失; h_w 为总水头损失。

五、控制线路各节点水头推算

输水主干线路中, 各节点水压是根据各管段水头损失和节点地面高程自下而上推算得出的。

$$H_0 = H_2 + \sum h_i - H_1 \quad (3-20)$$

式中: H_0 为上游节点自由水头, m; H_1 为上游节点高程, m; H_2 为下游节点高程, m; $\sum h_i$ 为上下游节点间总水头损失, m。

管网各节点及沿线不得出现负压, 节点自由水头应满足支管配水要求, 且不得大于管材的允许工作压力。管网入口节点的水压确定之后, 可根据净扬程计算水泵所需总扬程, 以便选择适宜的机泵。

六、配水支管的管径确定

干管各节点水压确定后, 各支管起点水压即可确定。首先根据各支管首末端水头计算各支管平均水力坡度, 然后计算各条支管管径。支管中间如有出流, 可先确定出流处的水压。由此确定出流处上下管段的平均水力坡度, 再分别计算出管段的管径。其中, 平均水力坡度为计算管段上下游节点水头差与计算管段管长的比值。

与干管管径的确定方法不同, 支管按水力坡度确定管径, 以便充分利用干管中各节点的水头。对于自压式和机泵已配置的输配水管网系统, 选出各支管最不利灌水点作为控制点计算各支管平均水力坡度, 然后根据各管段设计流量和平均水力坡度按式 (3-21) 计算并确定管径。计算时可按表 3-8 格式进行。

$$d = \left(f \frac{Q^m}{i} \right)^{1/b} \quad (3-21)$$

式中: i 为平均水力坡度, 为管段上游节点与下游节点水头差除以管段长度; 其余符号意义同前。

表 3-8

配水支管水力计算表

支管编号	管 段	流 量 (L/s)	管 长 (m)	平均水力坡度 i	计算管径 (mm)	确定管径 (mm)	水头损失 (m)
支 1	1~2						
	2~3						
支 2	1~2						
	2~3						

七、水泵扬程计算与水泵选择

1. 管网入口设计压力计算

管网入口是指管网系统干管进口, 管网入口设计可按式 (3-22) 计算。在采用潜水泵或深井泵的井灌区, 管网入口在机井出口处; 使用离心泵的水源, 管网入口在水泵出口处。

$$H_{in} = \sum h_f + \sum h_j + \Delta Z + H_g \quad (3-22)$$

式中: H_{in} 为管网入口设计压力, m; $\sum h_f$ 为计算管线沿程水头损失, m; $\sum h_j$ 为计算管线局部水头损失, m; ΔZ 为设计控制点与管网入口地面高程之差, m; H_g 为设计控制点给水栓工作水头, m, 一般取 0.2~0.3 m。

2. 水泵扬程计算

对于使用潜水泵或深水泵的井灌区, 水泵扬程按式 (3-23) 计算; 对于使用离心泵的水源, 水泵扬程按式 (3-24) 计算。

$$H_p = H_{in} + H_m + h_p \quad (3-23)$$

式中: H_p 为水泵扬程, m; H_m 为机井动水位, m; h_p 为水泵进出水管总水头损失, m。

$$H_p = H_{in} + H_s + h_p \quad (3-24)$$

式中: H_s 为水泵吸程, m; h_p 为水泵吸水管及底阀水头损失, m。

3. 水泵选型

根据以上计算的水泵扬程和系统设计流量选取水泵, 然后根据水泵的流量—扬程曲线和管道系统的流量—水头损失曲线校核水泵工作点。水泵工作点校核参考第四章内容。

为保证所选机泵在高效区运行, 对于轮灌组运行的管网系统, 可根据不同轮灌组的流量和扬程进行比较, 选择水泵。若控制面积大且各轮灌组流量与扬程差别很大时, 可选择两台或多台水泵分别对应各轮灌组提水灌溉。

【例 3-6】 某一井灌区管灌系统地势平坦, 地块东西长 420 m, 南北宽 240 m, 机井位于地块西部中间, 地块土质为中壤土, 干容重 $\gamma = 1.5 \text{ t/m}^3$, 作物南北向种植, 作物最大日耗水量 $E = 7.5 \text{ mm/d}$, 井深 80 m, 机井动水位 24.0 m, 单井出水量 $80 \text{ m}^3/\text{h}$, 给水栓设计流量 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ 。给水栓位置如图 3-2, 东西方向间距 60 m, 南北方向 100 m, 共 2 条长 430 m 的支管, 一条 $\phi 76$ 、长 30 m 的干管, 移动软管长 30 m。在该系统中, 干支管采用实壁 PVC 管, 水泵选用潜水泵, 水泵上水管为内径 100 mm、长 24 m 的钢管。试进行管网水力计算和水泵校核。

解: 固定管道总长度为 890 m, 亩均管长 6.0 m; 田间持水率取重量百分比的 25%, 含水率适宜上下限取田间持水率的 90%、60%, 湿润层深度取 80 cm; 灌溉水利用系数取 0.8, 每天机泵工作时间取 15 h。

1. 设计流量

$$\text{灌水定额 } m = 10 \times 80 \times 1.5 \times 25\% \times (90\% - 60\%) = 90(\text{mm})$$

$$\text{灌水周期 } T = m/E = 90/7.5 = 12 \text{ 天} \quad \text{取 } T' = 10 \text{ 天}$$

$$\text{设计流量 } Q = 0.667mA/(Tt\eta)$$

$$= 0.667 \times 90 \times 151.2 / (10 \times 15 \times 0.8)$$

$$= 75.6 (\text{m}^3/\text{h})$$

$Q < Q_{\#}$, 取设计流量 $Q = 80 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

该系统采取集中轮灌，分 7 个轮灌组，每条支管同时开启一个给水栓，则干管流量为 $80\text{ m}^3/\text{h}$ ，支管流量为 $40\text{ m}^3/\text{h}$ 。

2. 管网水力计算

设计地块地势平坦，可取线路中间 B 为设计控制点，计算线路为 B 点至井位的管线。因此，可按 B 点至井位的管线计算系统设计工作水头，按设计工作流量选泵，最后用最近和最远两点工作水头校核系统运行时水泵的工作点。

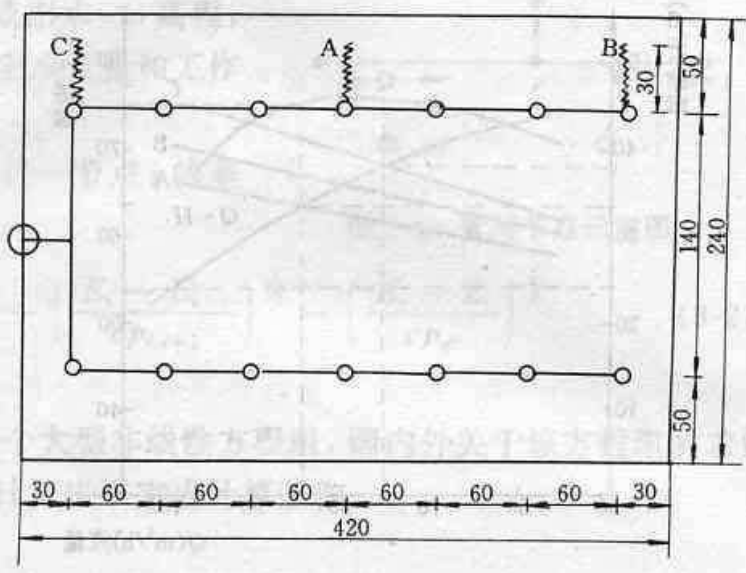


图 3-2 管网布置示意图

(1) 经济管径确定。该系统只有两级管道，故均按经济流速法选择管径。首先由表 3-4 确定经济流速，干管取 1.4 m/s ，支管取 1.5 m/s ，然后按经济流速和干支管流量由附表 13 查得干管内径为 142 mm ，支管内径为 97 mm ，最后干管取 $\phi 160$ （内径 153.6 mm ），支管取 $\phi 110$ （内径 105.6 mm ）。

(2) 水力计算。水泵上水管沿程水头按式 (3-11) 计算，干支管和移动软管的沿程水头损失可查附表 11 和附表 12 计算，局部水头损失按沿程水头损失的 10% 计算，并将不同流量时 A、B、C 三点至井口管线水头损失的计算结果列入表 3-9。

表 3-9 A、B、C 三点水头损失表

流 量 (m^3/h)	泵管(钢管) (m) (1)	干管(PVC) (m) (2)	支管(PVC)(m) (3)				管道进口压力(m) (5)=(1)+(2)+(3)+(4)		
			移动软管 (m) (4)				C 点	B 点	A 点
			C 点	B 点	A 点				
	h_p	h_f	h_f+h_j	h_f+h_j	h_f+h_j	h_f			
60	2.25	0.14	0.67	2.38	4.10	1.50	2.51	4.22	5.94
70	3.01	0.19	0.87	3.16	5.39	1.90	3.23	5.52	7.75
80	3.89	0.24	1.11	3.97	6.83	2.50	4.05	6.91	9.77
90	4.86	0.30	1.37	4.89	8.41	3.07	4.94	8.46	11.98
100	5.94	0.37	1.65	5.89	10.14	3.71	5.93	10.17	14.42

表 3-10 200QJ80—33/3 型井用潜水泵性能表

流量 Q (m^3/h)	扬程 H (m)	转速 n (r/min)	效率 η (%)	轴功率 P (kW)
64	42	2870	73.2	10.0
80	35.8		75.8	10.3
96	26.7		69.0	10.11

干管长 30 m，移动软管长 30 m，支管长度 B 点 250 m、A 点 430 m、C 点 70 m，水泵上水管 24 m；支管流量为干管和水泵上水管流量的 1/2。

根据表 3-9 计算结果，取流量为 $80\text{ m}^3/\text{h}$ 时 B 点的总水头损失计算水泵设计扬程 H_p 。

$$H_p = H_{in} + H_m + h_p = 6.91 + 24 + 3.89 = 34.8\text{ (m)}$$

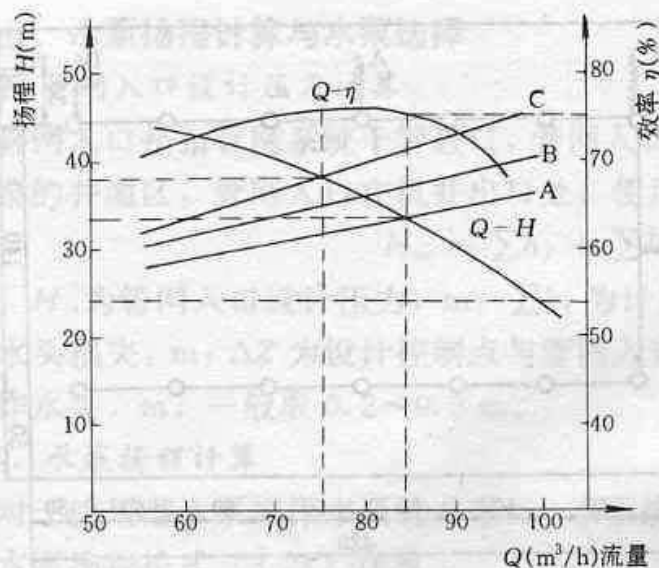


图 3-3 水泵工况确定与校核

根据计算设计工作水头和设计流量选择 200QJ80—33/3 型潜水泵, 该潜水泵性能如表 3-10。

3. 水泵工况点确定与校核

用图解法确定并校核设计工作压力下的水泵工况。将所选水泵的性能曲线绘到图 3-3 上, 然后按表 3-9 中 A、B、C 三点管道特性曲线绘于图 3-4, 管道特性曲线与水泵性能曲线的交点就是这三个出水口所在轮灌组运行时水泵的工作点。图 3-3 表明, 系统在最近和最远两点运行时, 水泵工作点在高效区内。

第五节 环状网水力计算

树状网和树环混合网均是环状网的特例。目前, 国内外环状网水力计算方法的思路基本相同, 即简化水头损失计算公式, 然后根据连续方程和能量方程建立节点方程, 其次是将非线性方程组线性化, 最后选择合适的计算方法求解线性方程组。通常, 环状网水力计算程序或软件均可用于解树状网和树环混合网。

一、水头损失公式简化

将式 (3-15) 和式 (3-18) 水头损失计算公式简化为下列形式:

$$h_w = h_f + h_j = \left(f \frac{l}{d^5} + \frac{\xi}{2gA^2Q^\alpha} \right) Q^\alpha = cpQ^\alpha \quad (3-25)$$

式中: h_w 为总水头损失, m; cp 为简化系数; Q 为管段流量, m^3/s ; α 为流量指数。

二、节点方程建立

将管网上所有给水栓都看作节点, 每个节点可有上游节点集合、下游节点集合和出流量三部分。对于管网的所有节点, 规定流入节点的流量取正值, 流出节点的流量取负值。对如图 3-4 所示的任一节点 i , 可建立节点的连续方程和能量方程如下。

$$\left. \begin{aligned} Q_{i-1,i} - Q_{i,i+1} - q_i &= 0 \\ E_{i-1,i} - E_i &= cp_{i-1,i} Q_{i-1,i}^\alpha \\ E_i - E_{i+1} &= cp_{i,i+1} Q_{i,i+1}^\alpha \\ E_i - Z_i &= cg_i q_i^\beta \end{aligned} \right\} \quad (3-26)$$

式中: $E_{i-1,i}$ 为 i 节点的上游节点能量 (水头), m; E_i 为 i 节点能量 (水头), m; E_{i+1} 为 i 节点下游节点能量 (水头), m; $Q_{i-1,i}$ 为上游节点流入节点 i 的流量, m^3/s ; $Q_{i,i+1}$ 为 i 节点流入下游节点的流量, m^3/s ; q_i 为流出节点 i 的流量, m^3/s ; $cp_{i-1,i}$ 为节点 $i-1$ 与节点 i 间管段流量系数; $cp_{i,i+1}$ 为节点 i 与节点 $i+1$ 间管段流量系数; cg_i 为给水栓局部水头损失系

数; β 为给水栓流量指数; Z_i 为给水栓 (或出水口) 高程, m。其中 cg_i 和 β 根据用户输入的给水栓出水流量和工作水头计算。

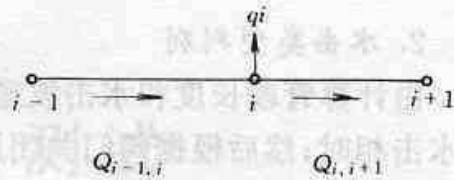


图 3-4 管网节点示意图

由式 (3-26) 方程组变换后可得下列任一节点 i 的非线性方程组。

$$f_i(E) = \left(\frac{E_{i-1} - E_i}{cp_{i-1,i}} \right)^{\frac{1}{m}} - \left(\frac{E_i - E_{i+1}}{cp_{i,i+1}} \right)^{\frac{1}{m}} - \left(\frac{E_i - Z_i}{cp_{gi}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (3-27)$$

三、非线性方程组线性化

管网水力学基本方程式 (3-27) 是一个大型非线性方程组, 国内外关于该方程组的求解方法很多, 但因计算复杂, 通常借助于计算机来完成计算工作。

第六节 水击压力计算与防护

有压管道中, 由于管内流速突然变化而引起管道中水流压力急剧上升或下降的现象, 称为水击。在水击情况下, 管道有时会因内压力超过管材公称压力或管内出现负压而损坏管道。

在低压管道系统中, 由于压力较小, 管内流速不大, 一般情况下水击压力不会过高。因此, 在低压管道中, 只要严格按照操作规程, 并配齐安全保护装置, 可不进行水击压力计算。但对于规模较大的低压管道输水灌溉工程, 应该进行水击压力验算。事实上, 有些低压管道输水工程管道破裂是由水击压力造成的。

一、水击压力计算

1. 水击波传播速度

$$C = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{Ee}}} = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{\alpha}{e}}} \quad (3-28)$$

式中: C 为均质圆形管 ($e/d < 1/20$) 水击波传播速度, m/s; d 为管径, m; e 为管壁厚度, m; K 为水的体积弹性模数, kN/m^2 , 随水温和水压的增加而增大, 25 个大气压以下的水温 10°C 时 $K = 206 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$; $\alpha = K/E$; E 为管材纵向弹性模数, kN/m^2 。不同管材的 α 、 E 值见表 3-11。

表 3-11 水的弹性系数和管材弹性系数之比 (α) 值表

管 材	钢 管	铸 铁 管	混凝土管	钢筋混凝土管	钢丝网水泥管
$E \text{ (kN/m}^2\text{)}$	206×10^5	88×10^5	206×10^5	206×10^5	206×10^5
$K/E = \alpha$	0.01	0.02	0.10	0.10	0.10

管 材	石棉水泥管	陶 土 管	硬聚氯乙烯管	灰 土 管	砌 石 管	砌 砖 管
$E \text{ (kN/m}^2\text{)}$	324×10^5	490×10^4	392×10^4	588×10^4	785×10^4	294×10^4
$K/E = \alpha$	0.06	0.42	0.53	0.35	0.26	0.70

2. 水击类型判别

由计算管段长度和水击波速可按式(3-29)计算水击波在管路中往返一次所需的时间,即水击相时;然后根据阀门关闭历时与水击相时确定水击类型,即直接水击或间接水击。即,当阀门关闭历时等于或小于一个水击相时,瞬时关阀所产生的水击为直接水击,否则为间接水击。

$$T_i = \frac{2L}{C} \quad (3-29)$$

式中: T_i 为水击相时, s; L 为计算管段管长, m。

3. 水击水头

$$\text{直接水击水头} \quad H_d = \frac{Cv_0}{g} = \frac{2Lv_0}{gT_i} \quad (3-30)$$

$$\text{间接水击水头} \quad H_i = \frac{2Lv_0}{g(T_i + T_g)} \quad (3-31)$$

式中: H_d 为直接水击水头, m; H_i 为间接水击水头, m, 关阀为正, 开阀为负; v_0 为闸门前水的流速, m/s; T_g 为关闭阀门时间, s; g 为重力加速度, $g=9.81 \text{ m/s}^2$; 其余符号意义同前。

【例 3-7】 某井灌区采用内径 200 mm、壁厚 20 mm 的混凝土管, 通过管道最大流量为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$, 水击压力计算管段长为 200 m。计算阀门在 5 秒内关闭时的水击压力。

解: 由表 3-11 查得混凝土管 $\alpha=0.1$, 由式(3-28)计算出水击波速 $C=1015 \text{ m/s}$, 由式(3-28)计算出水击相时 $T_i=0.4 \text{ s}$, $T_i < 5$ (关阀历时), 故关阀时产生间接水击, 水击压力 H_i 由式(3-31)计算, 即 $H_i=4.0 \text{ m}$ 。

二、防止水击压力的措施

在井灌区低压管道系统中, 只要在设计和管理中采取有效防护措施, 可不进行水击压力计算。但在渠灌区, 由于输水流量大, 管网比井灌区复杂得多, 设计时, 必须进行水击压力计算和分析。

水击压力计算公式表明: 影响水击压力的主要因素有阀门启闭时间、管道长度和管内流速, 因此, 可针对以上因素在管道工程设计和运行管理中采取以下措施来避免和减小水击危害。

(1) 操作运行中应缓慢启闭阀门以延长阀门启闭时间, 从而避免产生直接水击并可降低间接水击压力。

(2) 由于水击压力与管内流速成正比, 因此在设计中应控制管内流速不超过最大流速限制范围。

(3) 由于水击压力与管道长度成正比, 因此在设计中可隔一定距离设置具有自由水面的调压井或安装安全阀和进排气阀, 以缩短管道长度并削减水击压力。

第四章 机泵选配与测试

第一节 管道输水灌溉常用水泵

输水管道灌溉系统中的水泵，主要采用叶片泵中的离心泵和井泵，离心泵主要有单级单吸离心泵 [如 IB 型（原 BA 型或 B 型）、IS 型] 和单级双吸离心泵 [如 S 型（原 SH 型）]。井泵主要有长轴深井泵（如 JD 型、J 型、JC 型等）及深井潜水电泵（如 QJ 型、JQ 型、NQ 型等）。其他的一些农用泵，如轴流泵、混流泵等在管道输水灌溉系统中比较少用，在此不作介绍。常用水泵的种类及其型号意义，见表 4-1。

一、水泵的工作参数

水泵的工作参数是衡量水泵工作性能的主要技术数据，包括流量、扬程、转速、功率、

表 4-1

水泵种类及其型号意义表

水泵种类			型号举例	型号的意义	型号中数字的意义
离心泵	单级单吸	改进型号	BP 型 65BP—55	BP：喷灌用离心泵	65 指泵吸入口径为 65 mm 55 指扬程为 55 m
			BPZ 型 50BPZ _{CZ} —45	BPZ：喷灌用自吸式离心泵 CZ：与柴油机直联	50 指泵吸入口径为 50 mm 45 指扬程为 45 m
		原型号	BP 型 2.5BP—55	BP：喷灌用离心泵	2.5 指泵吸入口径为 62.5 mm 55 指扬程为 55 m
			BPZ 型 2BPZ _{5Z} —45	BPZ：喷灌用自吸式离心泵 Z：直联	2 指泵吸入口径为 50 mm 5 指功率为 5 马力 45 指扬程为 45 m
	单级双吸	改进型号	IB 型 IS 型 IB80—50—250 IS80—50—250	I：国际标准第一代号 B：“泵”汉语拼音第一个字母 IS：国际标准	80 指泵吸入口径为 80 mm 50 指泵排出口径为 50 mm 250 指叶轮名义直径为 250 mm
		原型号	BA 型 6BA—18A	BA：单级单吸悬臂式离心泵	6 指泵吸入口径为 150 mm 18 指比转数为 180 A 指泵的叶轮外径已车小过（若是 B、C 则表示车小得更多些）
			B 型 4B—35	B：单级单吸悬臂式离心泵	4 指泵吸入口径为 100 mm 35 指扬程为 35 m
		改进型号	S 型 150S—50	S：单级双吸卧式离心泵	150 指泵吸入口径为中 150 mm 50 指扬程为 50 m
	单级双吸	原型号	Sh 型 10Sh—19	Sh：单级双吸卧式离心泵	10 指泵吸入口径为 250 mm 19 指比转数为 190

续表

水泵种类			型号举例	型号的意义	型号中数字的意义
井 泵	长 轴 井 泵	改进型号	JC 型	100JC10×23	JC: 长轴离心深井泵 100 指适用最小井径 100 mm 10 指流量 10 m³/h 23 指泵的级数为 23 级
		原型号	JD 型	6JD36×8	JD: 深井多级泵 6 指适用最小井径 150 mm 36 指流量 36 m³/h 23 指泵的级数为 8 级
			J 型	10J80×10	J: 机井用泵 10 指适用最小井径为 250 mm 80 指流量 80 m³/h 10 指泵的级数为 10 级
	潜 水 泵	改进型号	QJ 型	200QJ80—55/5	QJ: 井用潜水泵 200 指适用最小井径为 200 mm 80 指流量 80 m³/h 55 指扬程为 55 m 5 指泵的级数为 5 级
		原型号	NQ 型	8NQ20—125	8 指适用最小井径为 200 mm 20 指流量 20 m³/h 125 指扬程 125 m
				250NQ50—160/8	250 指适用最小井径为 250 mm 50 指流量 50 m³/h 160 指扬程 160 m 8 指泵的级数为 8 级

效率和比转数等。

- (1) 流量 Q 。指水泵在单位时间内所排出的液体的体积。单位为 m^3/s 。
- (2) 扬程 H 。指每一单位重量的液体通过水泵所获得的能量。实际上是不计损失时水泵能够扬水的高度，又称总扬程或全扬程。单位为 m 。
- (3) 转速 n 。指水泵叶轮每分钟的转数。单位为 r/min 。
- (4) 配套功率 $P_{\text{配}}$ 。指与水泵配套的动力机的功率。单位为 kW 。
- (5) 轴功率 $P_{\text{轴}}$ 。指水泵所需的功率，即输入功率。单位为 kW 。
- (6) 有效功率 $P_{\text{效}}$ 。指单位时间内流过水泵的液体从水泵那里得到的能量。单位为 kW 。

$$P_{\text{效}} = \gamma QH / 1000 \quad (4-1)$$

式中： γ 为液体重度， N/m^3 。

- (7) 效率 η 。指水泵的有效功率与水泵轴功率的比值，水泵铭牌上的效率是指水泵可能达到的最高效率。效率反映了水泵对动力的利用情况。

$$\eta = P_{\text{效}} / P_{\text{轴}} \times 100\% \quad (4-2)$$

- (8) 允许吸上真空高度 $H_{\text{允}}$ 。指水泵不产生汽蚀时的吸程，JB1039—67、JB1040—67 规定留 0.3 m 的安全裕值。即将试验得出的 $H_{\text{临}}$ 减去 0.3 m 作为允许最大吸上真空高度，或称允许吸上真空高度，故 $H_{\text{允}} = H_{\text{临}} - 0.3$ 。其标准状况下 $H_{\text{允}}$ 值为

$$H_{s_{允}} = 10.09 + v_1^2/2g - \Delta h_{s_{允}} \quad (4-3)$$

式中: v_1 为水泵进口流速, $\Delta h_{s_{允}}$ 为水泵不发生汽蚀时的最小 Δh 值。

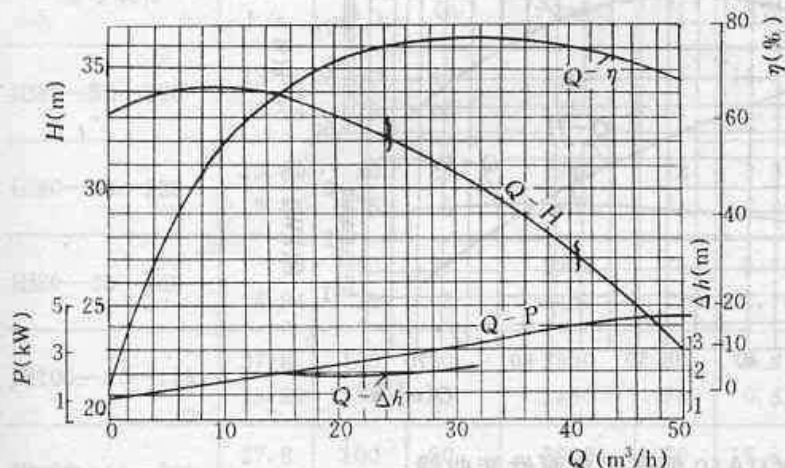


图 4-1 IB65—50—160 型离心泵性能曲线

水泵各部分尺寸 (主要指叶轮) 的关系及水泵特性曲线。

$$n_s = 3.65n \sqrt{Q}/H^{3/4} \quad (4-5)$$

对于双吸泵:

$$n_s = 3.65n \sqrt{Q/2}/H^{3/4} \quad (4-6)$$

对于多级泵:

$$n_s = 3.65n \sqrt{Q}/(H/Z)^{3/4} \quad (4-7)$$

式中: n 为泵的转速, r/min ; Q 为泵的流量, m^3/s ; H 为泵的扬程, m ; Z 为泵的叶轮级数。

二、水泵的性能曲线与型谱图

水泵的工作特性也称水泵的性能, 它是用水泵的性能曲线表示的。所谓水泵性能曲线, 就是水泵在一定转速下, 水泵的扬程、轴功率、效率和允许汽蚀余量随水泵流量变化而变化的关系曲线, 即 $Q-H$ 、 $Q-P$ 、 $Q-\eta$ 、 $Q-\Delta h$ 曲线。图 4-1~图 4-3 分别给出了 IB 型离心泵、JC 型长轴井泵、QJ 型潜水电泵的性能曲线。

在 $Q-H$ 曲线上有一高效率运行区, 一般用“ ξ ”在 $Q-H$ 曲线上标出高效区, 如图 4-1~图 4-3 所示。

在 $Q-\eta$ 曲线上, 高效区所对应的效率最高点为该泵的最高效率, 最高点两边的效率略低于最高效率值。水泵应在高效区运行, 以减少能耗, 提高泵的经济运行效益。因此, 高效区也称为水泵的允许工作范围。

将同一型号、不同规格泵的 $Q-H$ 曲线上高效率运行区绘在以 Q 为横坐标、 H 为纵坐标的坐标系中, 可得到一张反映同一型号不同规格品种的水泵的工作特性综合图, 该图一般称为泵的型谱图。从型谱图上可清楚

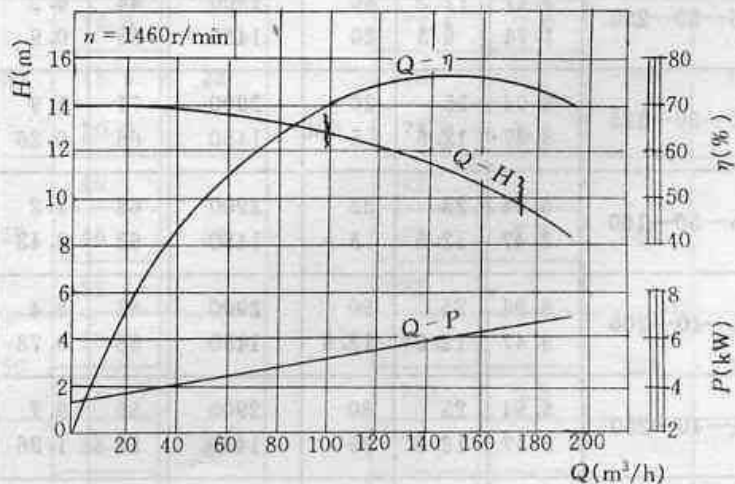


图 4-2 300JC130—12 型长轴井泵性能曲线

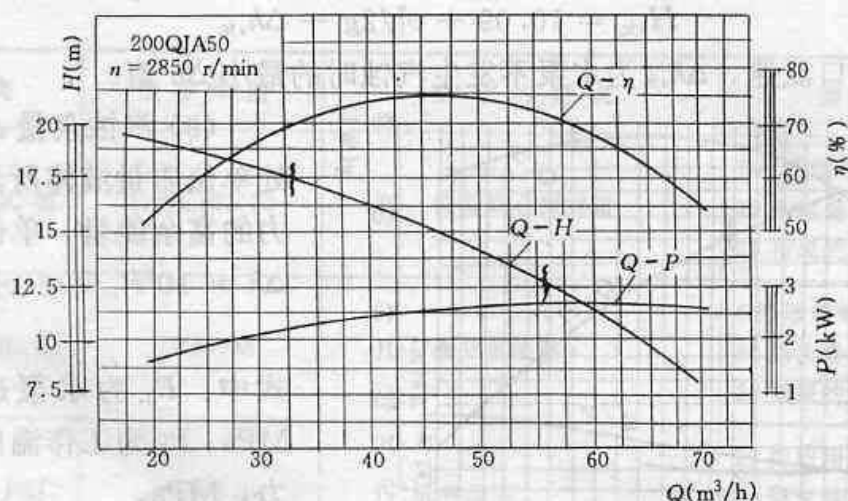


图 4-3 200QJA50 型潜水电泵性能曲线

地看出该种泵的适用范围。型谱图可供初选泵用,也可供规划中选择泵型参考。如图 4-4。

三、水泵的规格性能表

表 4-2~表 4-5 分别列出 IB 型、S 型离心泵, JC 型深井泵、QJ 型潜水电泵的规格性能以供选用。过去使用的 B 型离心泵, J、JD 型深井泵, NQ 型潜水电泵属淘汰型泵, 不再列出。

表 4-2

IB 型离心泵规格性能表

型号规格	流 量		扬 程 (m)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	轴 功 率 (kW)	电 机 功 率 (kW)	汽 蚀 余 量 (m)	允 许 吸 程 (m)	外形尺寸(mm)		
	L/s	m³/h								长	宽	高
IB50—32—125	3.47	12.5	20	2900	62	1.10	1.50	2.0	7.9	465	190	252
	1.71	6.3	5	1450	57	0.15	0.55	2.0	7.9	(408)		
IB50—32—160	3.47	12.5	32	2900	57	1.31	3.00	2.0	7.9	465	240	292
	1.74	6.3	8	1450	51	0.27	0.55	2.0	7.9	(408)		
IB50—32—200	3.47	12.5	50	2900	52	3.27	5.50	2.0	7.9	465	240	340
	1.74	6.3	12.5	1450	47	0.46	1.10	2.0	7.9	(408)		
IB65—50—250	3.47	12.5	80	2900	44	6.2	7.50	2.0	7.9	600	320	405
	1.74	6.3	20	1450	38	0.9	1.50	2.0	7.9	(523)		
IB65—50—125	6.94	25	20	2900	71	1.9	3.00	2.0	7.9	465	210	252
	3.47	12.5	5	1450	66	0.26	0.55	2.0	8.0	(408)		
IB65—50—160	6.94	25	32	2900	68	3.2	5.50	2.0	7.9	465	240	292
	3.47	12.5	8	1450	63	0.43	0.75	2.0	7.9	(408)		
IB65—40—200	6.94	25	50	2900	63	5.4	7.50	2.0	7.9	485	265	340
	3.47	12.5	12.5	1450	58	0.73	1.10	2.0	7.9	(428)		
IB65—40—250	6.94	25	80	2900	56	9.7	15	2.0	8.0	600	320	405
	3.47	12.5	20	1450	50	1.36	2.2	2.0	8.0	(523)		
IB80—50—200	13.89	50	50	2900	71	9.6	15	2.1	8.0	485	265	360
	6.94	25	12.5	1450	68	1.25	2.2	2.0	8.0	(428)		

续表

型号规格	流 量		扬 程 (m)	转 速 (r/min)	效率 (%)	轴功率 (kW)	电机功率 (kW)	汽蚀余量 (m)	允许吸程 (m)	外形尺寸(mm)		
	L/s	m ³ /h								长	宽	高
IB80—50—250	13.89	50	80	2900	66	16.5	22	2.0	8.1	625	320	405
	6.94	25	20	1450	61	2.23	3.0	2.0	8.1	(548)		
IB80—65—125	13.89	50	20	2900	78	3.5	5.5	2.5	7.6	485	240	292
	6.94	25	5	1450	74	0.46	0.75	2.0	8.0	(428)		
IB80—65—160	13.89	50	32	2900	76	5.7	7.5	2.3	7.8	485	265	340
	6.94	25	8	1450	72	0.76	1.1	2.0	8.0	(428)		
IB100—80—125	27.8	100	20	2900	80	6.8	11	4.3	6.1	485	280	340
	13.89	50	5	1450	78	0.87	1.1	2.0	7.9	(428)		
IB100—65—200	27.8	100	50	2900	79	17.2	22	3.6	6.8	600	320	405
	13.89	50	12.5	1450	76	2.24	3.0	2.0	7.9	(523)		
IB150—125—200	55.6	200	12.5	1450	83	82	11	2.8	7.5	625 (548)	360	505
IB200—200—200	111	400	12.5	1450	84	16.2	22	4.7	5.7	690 (632)	400	655

表 4-3

S型双吸离心泵规格性能表

型 号	流 量		扬 程 (m)	转 速 (r/min)	轴功率 (kW)	配套电动机		效 率 (%)	允 许 吸 程 (m)	叶 轮 直 径 (mm)	泵 的 质 量 (kg)
	m ³ /h	L/s				功 率 (kW)	电 压 (V)				
S150—50	130	36.2	52	2950	25.3	40	380	72.9	5.5	206	147
	160	44.5	50		27.6			79			
	220	61.2	35		31.3			67			
S150—50A	111.6	31	43.8	2950	18.5	30	380	72	5.5	185	147
	(140)	(39)	(39)		(19.5)			75			
	180	50	35		24.5			70			
S150—50B	108	30.0	38	2950	16.0	22	380	72.5	7.0	170	130
	144	40.0	35		18.5			78	6.5		
	180	50.0	28		20.0			74.0	6.0		
S150—78	126	35	84	2950	40	55	380	72	5.5	245	
	160	44.5	78		46			74			
	198	55	70		52.4			72			
S150—78A	111.6	31	67	2950	30	40	380	68	5.5	223	158
	(140)	(39)	(60)		(31.9)			(72)			
S150—97	180	50	50	2950	38.5	40	380	70	6.8	270	158
	150	41.6	102		54.0			78.0			
	180	50.0	97		59.5			80.0	6.4		

续表

型 号	流 量		扬 程 (m)	转 速 (r/min)	轴功率 (kW)	配套电动机		效 率 (%)	允 许 吸 程 (m)	叶 轮 直 径 (mm)	泵 的 质 量 (kg)
	m ³ /h	L/s				功 率 (kW)	电 压 (V)				
S150—97A	150	41.6	88.0	2950	47.7	75	380	76	6.8	255	
	180	50.0	83.0		51.5			79	6.4		
S150—97B	90	25.0	22.5	1450	7.45	75		74	7.2	270	
	105	30.0	20.5		8.30			71	7.0		
S200—42	216	60	49.2	2950	34.8	55		81	5	204	180
	280	78	42		37.8			85			
	342	95	35		40.2			81			
S200—42A	198	55	43	2950	30.5	40		76	5	193	180
	270	75	36		33.1			80			
	310	86	31		34.4			76			
S200—63	216	60	69	2950	55.1	75		73.7	5	235	187
	280	78	63		59.4			81			
	351	97.5	56		67.8			70.5			

表 4-4

JC 型潜水泵规格性能表

型 号	流 量 (m ³ /h)	级 数	扬 程 (%)	效率 (%)	轴功率 (kW)	转 速 (r/min)	井下部分最大 外 径 (mm)	传动轴 直 径 (mm)	比转 数	输水管 连接 形式	配套电动机		
											型 号	功率 (kW)	
100JC5—4.2	5	15~50	63~210	51.5	1.67~5.56	2940	82		136	螺纹			
100JC10—3.8	10	10	38	60	1.75	2940	92	20	207	螺纹	YLB132—1—2	5.5	
		13	49		2.25						24	YLB132—2—2	7.5
		18	68		3.13							YLB160—1—2	11
		23	87		4.00			YLB132—2—2				7.5	
		28	106		4.78			YLB160—1—2			11		
		33	125		5.67			YLB160—1—2			11		
150JC10—9	10	40	152	60	6.90	2940	142	20	110	螺纹	YLB132—1—2	5.5	
		5	45		2.04						24	YLB132—2—2	7.5
		8	72		3.27							YLB160—1—2	11
		12	108		4.90			YLB132—2—2				7.5	
		16	144		6.54			YLB160—1—2			11		
		20	180		8.17			YLB160—2—2			15		
150JC18—10.5	18	26	234	65	10.63	2940	142	20	130	螺纹	YLB132—1—2	5.5	
		3	31		2.33						24	YLB132—2—2	7.5
		6	63		4.75							YLB160—1—2	11
		9	94		7.08			YLB160—2—2				15	
		12	126		9.50			YLB180—1—2			18.5		
		15	157		11.84								
18	189	14.25											

续表

型 号	流 量 (m ³ /h)	级 数	扬 程 (%)	效率 (%)	轴功率 (kW)	转 速 (r/min)	井下部分最大 外 径 (mm)	传动轴 直 径 (mm)	比转 数	输水管 连接 形式	配套电动机	
											型 号	功率 (kW)
150JC30—9.5	30	3	28		3.36			20			YLB132—1—2	5.5
		6	57		6.84			24			YLB160—1—2	11
		9	85		10.20						YLB160—2—2	15
		12	114	68	13.69	2940	142		180	螺纹	YLB180—1—2	18.5
		15	142		17.05			28			YLB180—2—2	22
		18	171		20.53						YLB200—1—2	30
		21	200		24.02							
150JC50—8.5	50	3	25.5		4.92			20			YLB132—2—2	7.5
		5	42.5		8.20			24			YLB160—1—2	11
		7	59.5	71.5	11.49	2940	142		254	螺纹	YLB160—2—2	15
		9	76.5		14.77			28			YLB180—1—2	18.5
		11	93.5		18.05						YLB180—2—2	22
200JC30—18	30	2~12	36~205	68	3.23~26	2940	182		110	螺纹		
200JC40—4	40	5	20		3.36							
		8	32		4.84							8.8
		11	44	69.8	6.67	2900	182	24	200	法兰或螺纹	柴 油 机	
		15	60		9.17							17.6
		20	80		12.1							
200JC50—18	50	2	36		6.86			24			YLB160—1—2	11
		3	54		10.30						YLB160—2—2	15
		4	72		13.72			28			YLB180—1—2	18.5
		5	90	71.5	17.15	2940	182		142	螺纹或法兰	YLB180—2—2	22
		6	108		20.58			32			YLB200—1—2	30
		8	144		27.44						YLB200—2—2	37
200JC80—15	80	2	32		9.47			28			YLB160—1—2	11
		3	48		14.21						YLB180—1—2	18.5
		4	64	73.5	18.95	2940	182		200	螺纹	YLB180—2—2	22
		5	80		23.68			32			YLB200—1—2	30
		6	96		28.42						YLB200—2—2	37
250JC80—8	80	3	24		7.1			28			YLB160—1—4	11
		5	40		11.84						YLB160—2—4	15
		7	56		16.85						YLB180—2—4	22
		9	72	73.5	21.32	1460	232		167	法兰或螺纹	YLB200—1—4	30
		12	96		28.42			36			YLB200—2—4	37
		15	120		35.53						YLB200—3—4	45

续表

型 号	流 量 (m ³ /h)	级 数	扬 程 (%)	效率 (%)	轴功率 (kW)	转 速 (r/min)	井下部分最大 外 径 (mm)	传动轴 直 径 (mm)	比转 数	输水 管 连接 形式	配套电动机	
											型 号	功率 (kW)
250JC130—8	130	4	32	75.0	15.1	1460	232	32	212	螺 纹	YLB180—1—4	18.5
		6	48		22.65			YLB200—1—4			30	
		8	64		30.20			YLB200—2—4			37	
		10	80		37.75			YLB200—3—4			45	
		12	96		45.3			YLB250—1—4			55	
300JC130—12	130	2	24	68	11.32	1460	285	28	157	法 兰 或 螺 纹	YLB160—2—4	15
		4	48		22.65			36			YLB200—1—4	30
		6	72		33.97			42			YLB200—3—4	45
		8	96		45.30						YLB250—1—4	55
		10	120		56.62						YLB250—2—4	75
		13	156		73.61						YLB250—3—4	90
			300JC210—10.5		210						2	21
3	31.5	23.54		42		YLB200—1—4	30					
5	42.5	39.24				YLB250—1—4	55					
7	53.5	54.94				YLB250—2—4	75					
9	64.5	70.64				YLB250—3—4	90					

表 4-5

QJ 型潜水电泵规格性能表

型 号	流 量 (m ³ /h)	级 数	扬 程 (m)	效 率 (%)	转 速 (r/min)	机座径向 最大尺寸 (mm)	比转数	配 套 电 动 机	
								型 号	功 率 (kW)
150QJ3.6	3.6	47	234	36~42	2850	132	98.4	150YQS9.2	9.2
		67	333					150YQS11	11~13
		80	400					150YQS15	15
		100	500					150YQS18.5	18.5
150QJ5	5	14	100	60	2850	138	85.5	150YQS3	3
		21	100					150YQS4	4
		18	200					150YQS5.5	5.5
		35	250					150YQS7.5	7.5
		42	300					150YQS9.2	9.2
150QJ10	10	7	50	63	2850	133	122	150YQS3	3
		14	100					150YQS5.5	5.5
		21	150					150YQS7.5	7.5
		28	200					150YQS11	11
		35	250					150YQS13	13
150QJ20	20	4	26	64	2850	133	194	150YQS3	3
		8	52					150YQS5.5	5.5
		13	85					150YQS9.2	9.2
		16	104					150YQS13	13
		22	143					150YQS15	15
150QJ32	32	3	18	65	2850	133	246	150YQS3	3
		5	30					150YQS5.5	5.5
		9	54					150YQS9.2	9.2
		12	70					150YQS13	13
		15	90					150YQS15	15

续表

型 号	流 量 (m ³ /h)	级 数	扬 程 (m)	效 率 (%)	转 速 (r/min)	机组径向 量大尺寸 (mm)	比转数	配 套 电 动 机	
								型 号	功 率 (kW)
200QJ20	20	3	40	66	2850	184	111	200YQS4	4
		4	54					200YQS5.5	5.5
		6	81					200YQS9.2	9.2
		8	108					200YQS11	11
		9	121					200YQS13	13
		11	148					200YQS15	15
		13	175					200YQS18.5	18.5
		15	202					200YQS22	22
		18	243					200YQS25	25
		20	270					200YQS30	30
200QJ32	32	2	26	68	2850	184	143	200YQS4	4
		4	52					200YQS9.2	9.2
		6	78					200YQS13	13
		8	104					200YQS18.5	18.5
		10	130					200YQS22	22
		12	156					200YQS25	25
		15	195					200YQS30	30
		18	234					200YQS37	37
200QJ50	50	2	26	72	2850	184	173	200YQS7.5	7.5
		4	52					200YQS13	13
		6	78					200YQS18.5	18.5
		8	104					200YQS25	25
		10	130					200YQS30	30
		12	156					200YQS37	37
200QJ80	80	2	22	73	2850	184	243	200YQS9.2	9.2
		3	33					200YQS13	13
		5	55					200YQS22	22
		7	77					200YQS30	30
		9	99					200YQS37	37
250QJ50	50	1	20	72	2875	223	131	250YQS5.5	5.5
		2	40					250YQS9.2	9.2
		3	60					250YQS15	15
		4	80					250YQS18.5	18.5
		5	100					250YQS25	25
		6	120					250YQS30	30
		8	160					250YQS37	37
		9	180					250YQS45	45
		11	220					250YQS55	55
		13	260					250YQS64	64
		15	300					250YQS75	75
250QJ80	80	1	20	73	2875	223	157	250YQS7.5	7.5
		2	40					250YQS15	15
		3	60					250YQS22	22
		4	80					250YQS30	30
		5	100					250YQS37	37
		6	120					250YQS45	45
		7	140					250YQS55	55
		9	180					250YQS64	64
		10	200					250YQS75	75
		12	240					250YQS90	90
250QJ125	125	1	16	74	2875	223	217	250YQS9.2	9.2
		2	32					250YQS18.5	18.5
		3	48					250YQS30	30
		4	64					250YQS37	37
		5	80					250YQS45	45
		6	96					250YQS55	55
		7	112					250YQS64	64
		8	128					250YQS75	75
		10	160					250YQS90	90

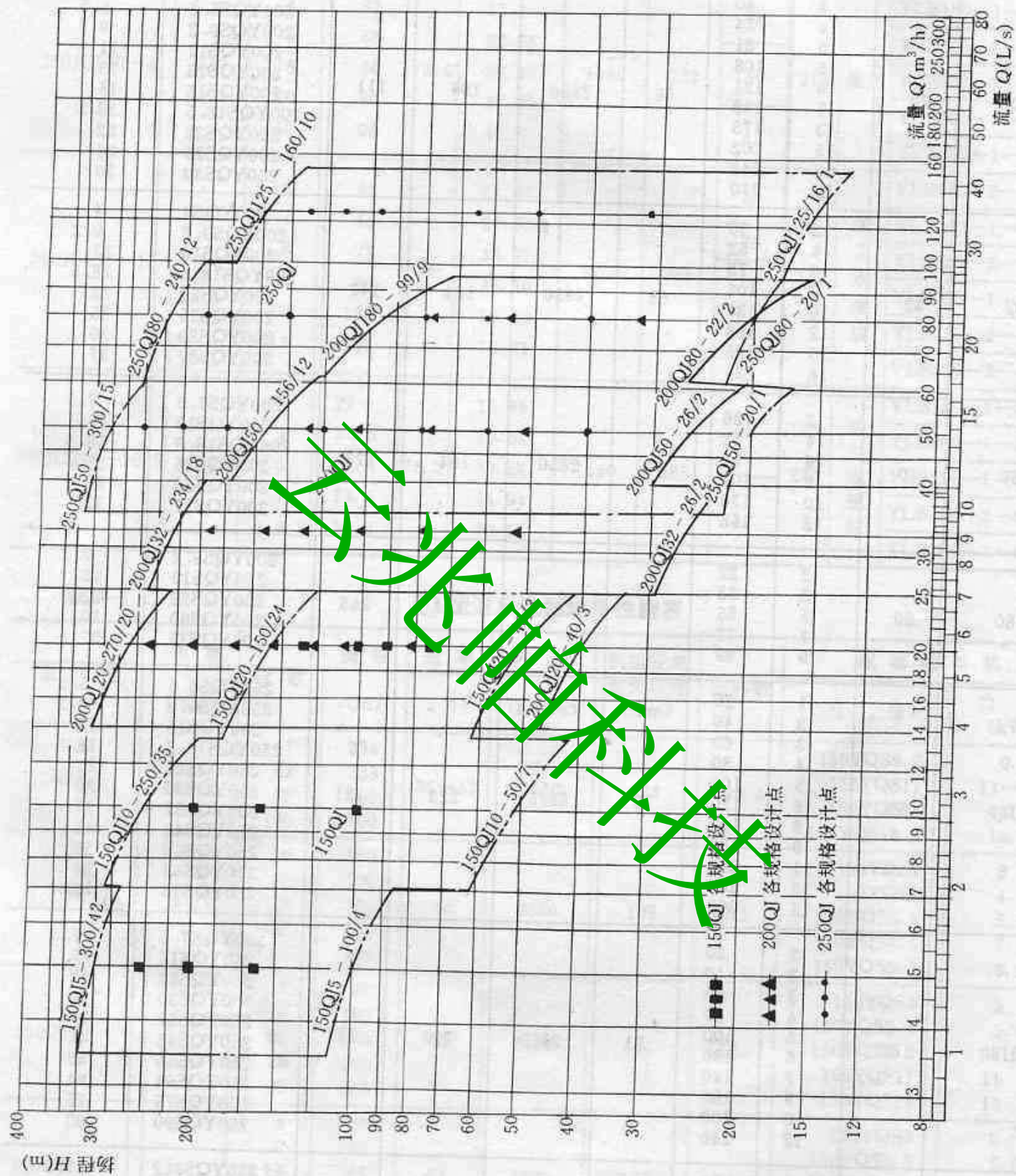


图 4-4 QJ 型潜水电泵的类型谱图

第二节 管道输水灌溉系统机泵选型

一、管道输水灌溉工程中水泵的运行特点

在管道系统中,由于各轮灌组出流点高程和距水源的管路长度不同,因此不同轮灌组具有不同的管路特性曲线。不同轮灌组运行时,水泵的工况点可能差别很大,有的可能偏离高效区,因此选泵后须进行工作点校核。

在一些老井灌区,大部分井已配置了水泵,并有一定的剩余扬程。为了节约用水或扩大灌溉面积而需要配置管道,发展管道输水灌溉。对这类工程,首先要对机泵进行测试,然后针对井、泵的性能选配适宜的管道。一般情况下,按泵的高效区流量确定可控制灌溉面积,按经济坡降选取各级管道的管径,最后进行工作点校核。

二、水泵选型与工作点校核

1. 水泵选型

选择水泵首先要考虑水源的形式。对水位埋深较浅且变幅不大的水源,可选离心泵,流量较大的可选双吸离心泵,这类水泵效率高、造价低、维修方便、使用寿命长。对于水位埋深较大,不能选用离心泵的浅井水源,如果扬程不大,可选单级潜水电泵,流量较小的可考虑选单相电机潜水泵。对于水位埋深较大、扬程较大的水源(如深井),可选用多级潜水电泵(如QJ系列泵)或长轴深井泵(如JC系列泵)。对于管井(浅机井、深井),选择的井泵适用的最小井径必须小于井管内径(约50mm)。所选泵的流量不得大于井的最大涌水量。另外,水泵要能满足各轮灌组运行流量和扬程的要求;长期运行时的平均效率最高,机泵及附属设施投资最省;操作维修方便,运行管理费用最小。

由于管灌系统不同轮灌组运行时扬程变化较大,所选水泵既要满足扬程低的轮灌组运行,又要满足扬程高的轮灌组运行的需要。因此,选泵时先按设计流量和设计扬程初选水泵,然后再用最高扬程轮灌组、最低扬程轮灌组校核泵的工作点。

管灌系统的设计扬程(H_p)一般是按最大扬程($H_{\max}$)和最小扬程($H_{\min}$)的平均值近似取用。即:

$$H_p = (H_{\max} + H_{\min})/2 \quad (4-8)$$

最大扬程是按在设计流量下距水源较远、位置较高的出流点所需扬程。最小扬程是在设计流量下距水源较近、位置较低出流点所需扬程。

2. 水泵工作点校核

对最高(或最低)扬程的轮灌组进行工作点校核时,要先求出该轮灌组的管路损失随流量变化的关系曲线,以式(4-10)表示,即管路损失特性曲线 $Q-h_{\text{损}}$,与所需净扬程叠加后式(4-9),得到需扬程曲线 $Q-H_{\text{需}}$ 。它与水泵的性能曲线 $Q-H_{\text{泵}}$ 的交点就是该轮灌组运行时相应的泵的工作点(图4-5)。

$$H_{\text{需}} = H_{\text{净}} + h_{\text{损}} \quad (4-9)$$

$$h_{\text{损}} = \sum \xi \frac{v^2}{2g} = KQ^2$$

最大扬程轮灌组工作点与最小扬程轮灌组工作点一般应分别在泵的最高效率点的两侧

且落在高效工况范围内。如果工作点 A 交在 $Q-H$ 曲线上允许工作范围以外的左侧,如图 4-6 (a),可通过减小管路水力损失(如增大管径等)使工作点向水泵允许的工作范围移动。如果工作点 A 交于水泵允许工作范围的右侧,如图 4-6 (b),则可通过降低扬程(如减少叶轮级数、车削叶轮、调速等)使 $Q-H$ 曲线下移,将工作点移至允许工作范围之内。

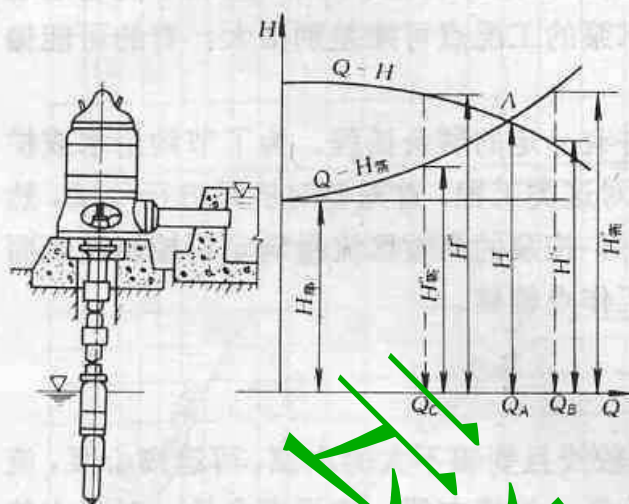


图 4-5 不考虑水位变化时管路特性曲线

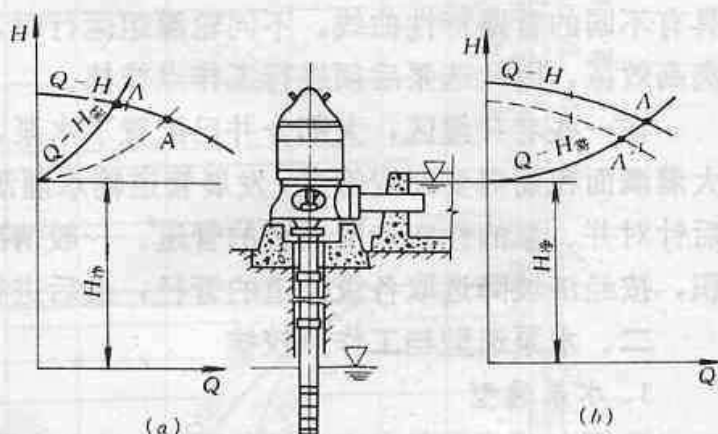


图 4-6 改变管路和水泵特性曲线调整工况
(a) 改变管路特性曲线; (b) 改变水泵特性曲线

对于水位随流量变动较大的井, $Q-H_{需}$ 中应将井的水位降深随流量的变化考虑在内。一般是将出水口至静水位的高差与井的流量降深曲线 $Q-S$ 相叠加, 作为流量净扬程曲线 $Q-H_{净}$, 再与管路损失特性曲线 $Q-h_{损}$ 叠加后得到 $Q-H_{需}$ 曲线 (图 4-7)。

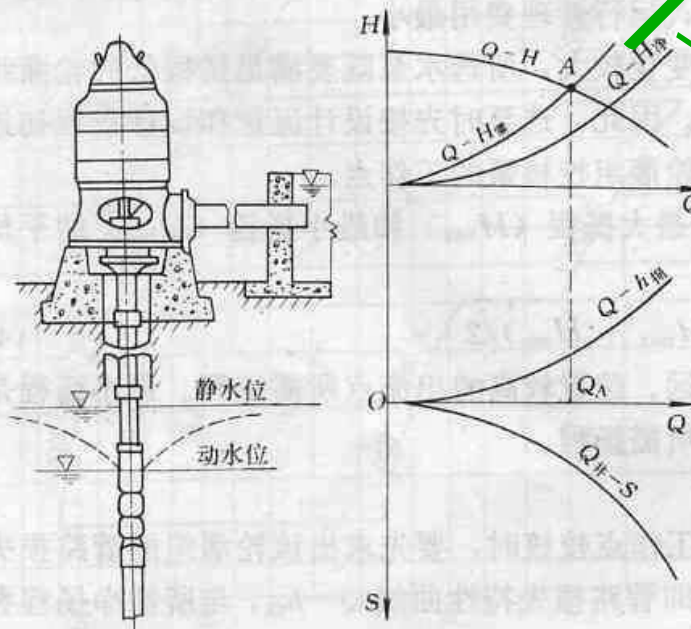


图 4-7 考虑水位变化时的管路特性曲线

三、动力机的选型配套

水泵动力机的选配, 首先取决于该地区的能源供应情况, 然后结合工程实际选定。水泵最常用的动力机有电动机和柴油机。对于井泵而言, 一般是成套供应的, 尤其是潜水电泵, 其动力机和水泵是组合成一体销售的。一般离心泵和长轴井泵的动力机可单独配置。

1. 动力机选配原则

(1) 对于水泵配用电动机时, 应根据电源容量大小、电压等级、水泵轴功率、转速以及传动方式等条件来确定电动机的类型、容量、电压和转速等工作参数。根据以往的经验, 卧式离心泵与 Y 和 YX 系列电动机配套, 长轴井泵与 YLB 系列电动机配套, 潜水电泵与 YQS 系列电动机配套。

(2) 当动力机是柴油机时, 要根据水泵的转速和功率匹配适宜的柴油机, 选配柴油机速度特性曲线和水泵特性曲线相适应的机型, 根据柴油机的负荷特性曲线和万有特性曲线

校核所选机型是否合理。

2. 动力机功率确定

一般水泵样本上都标出配套功率，如有需要可按下式计算：

$$P_{配} = KP_{效} / (\eta\eta_{传}) \tag{4-10}$$

式中：K 为动力机功率备用系数（表 4-6）； $P_{效}$ 为水泵有效功率； η 为水泵效率； $\eta_{传}$ 为传动效率。

表 4-6 动力机功率备用系数表

水泵轴功率 (kW)	<5	5~10	10~50	50~100	>100
电动机	2.0~1.3	1.3~1.15	1.15~1.10	1.10~1.05	1.05
柴油机		1.5~1.3	1.3~1.2	1.2~1.15	1.15

关于常用电动机及柴油机的规格性能可参考其他的专业手册，这里不再一一列出。

第三节 机 泵 测 试

在已配有机泵的井灌区，实施管灌前，必须对抽水装置进行现场测试，并针对测试结果进行技术经济分析，对于需要改造的机泵，还要提出技术改造的措施。

一、测试要求及设备

管道输水灌溉系统机泵测试的项目和采用的测试设备仪表，见表 4-7。

表 4-7 机泵测试的项目和采用的测试设备仪表

项 目	测 试 仪 表	主 要 用 途
流 量	三角堰或梯形堰	机井渠道测定流量
	水表、流量计	测定管道流量
	流速流量计	测定机口水口管口流量、流速、水位
扬 程	皮尺、盒尺、水位计、测绳、塔尺、水准仪、真空表、压力表	测定机井水位埋深、动水位、水泵扬程
耗 能 量	电压表、电流表、万能表	测定电流及电压
	电表、瓦特表、功率因素表	测定耗电量
	台秤、油耗计	测定消耗柴油数量
	秒 表	测定耗电、耗油、计时
配套及运行情况	转速表、频率表	测定机、泵转速
	半导体温度计	测定电机升温

对机泵测试的要求如下。

- (1) 在田间现场进行。
- (2) 不改变装置配套的运行状态。
- (3) 测试手段和方法简单，便于流动使用。

- (4) 测试项目的数值综合误差小于 5%。
- (5) 安装、测试和拆除方便迅速。
- (6) 设备、仪表易于购置或制作，操作方便。
- (7) 数据整理及计算方法准确、简便，技术改进方案合理可行。

二、流量测定

流量测量的方法很多，一是在管路内测量水泵的出水量，主要仪器及设备有文丘里管、毕托管、孔板流量计、水表以及涡轮流量计、电磁流量计等。另一类是在出水口或管道外，利用渠系测流的仪器设备，如流速流量计及各种形式的量水堰或利用容积、称量及测水流速来计算流量的方法。管道段内安装测试流量的仪器，都是利用水流的速度、压力差原理设计而制成，对水流有一定的阻力，会减少部分出水量，从而不能真实反映水泵出流量，也将影响水泵扬程的变化，因此，一般情况下不宜使用。常用的方法是经水泵抽水而且正常出流后测定流量。

1. 量水堰测定流量

对于管道外水流可用量水堰来测定流量，这种方法精确度比较高，设备构造简单，制造容易，测量技术易于掌握，使用方便。井灌区测定流量最常见的量水堰有直角三角形堰和梯形堰两种，可参考量水手册制作。

各种堰测流极限相对误差的近似范围（在 95% 置信度）：

矩形薄壁堰	1%~4%
20°~100°三角形薄壁堰	1%~3%
宽顶堰	3%~5%
三角形断面堰	2%~5%

2. 流速流量计测定流量

流速流量计用于水泵出水管测流，可以直接从表头上读出数值。具有体积小、重量轻、便于携带、操作方便、测量迅速的特点，其流量与标准三角堰对比，相对误差为 2%~5%，主要规格列于表 4-8。

表 4-8

多功能流速流量计规格

型 号	YKS—ⅠX	XYKS—ⅠA	YKS—ⅠB	YKS—Ⅰ
测量管径 (mm)	75~80	75~170	160~260	40~160
流量范围 (m ³ /h)	2~120	2~240	20~600	5~200
流速 (m/s)	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.6	0.2~0.5
精度	≤±5%	≤±5%	≤±5%	≤±5%
体积 (mm ³)	100×250×150	100×250×150	100×250×150	100×250×150
重量 (kg)	2.5	2.5	2.5	0.3

三、扬程测定

1. 净扬程测定

净扬程是指从动水位到水泵出水管口中心（淹没出流时，测量垂直距离应量至水池水面）的垂直距离，测量方法如下。

(1) 水位测量。一般用电测水位计测水位静止时埋藏深度和抽水时的动水位埋深, 依据测点地面高程, 计算水位标高, 利用小灯泡或蜂鸣器小喇叭发光发声, 以测量水位埋深。

(2) 分段测量净扬程。将地形扬程分为三段: 第一段是从井动水位至水泵(卧式)轴中心线的垂直距离; 第二段是泵轴中心线至井沿上某参考点的垂直距离; 第三段是自井沿上参考点到水泵出水口中心线(淹没出流时是出水池水面)的垂直距离。对于立式泵, 第一段的末点(即第二段始点)可定为该泵的出口处。第一段随井动水位的变化而不断改变。第二段是不变的。第三段当水泵出水管为淹没出流时, 随出水池水面变化, 出水管不淹没出流时不变。实地测试时, 可将不变距离测出来作为一个常量, 在水泵落井安装, 测试者在井下操作时可将二、三段合为一段, 每次只测一段数值, 与上段总数相加, 即为水泵测试时的地形扬程。如果操作者在井上, 可将一、二两段一次测量, 加上第三段即为地形扬程。

2. 总扬程测定

水泵的总扬程 H 包括净扬程及损失扬程, 它是水泵进出口(测量点)能量的差值, 即

$$H = E_2 - E_1 = \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right) - \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (4-11)$$

式中: E_1 、 E_2 分别为水泵进出口能量, m; Z_1 、 Z_2 分别为水泵进出口的位置势能, m; p_1 、 p_2 为水泵进出口压力, N/m²; γ 为介质重度, N/m³; $\frac{p_1}{\gamma}$ 及 $\frac{p_2}{\gamma}$ 为水泵进出口的压力势能, m; v_2 、 v_1 分别为水泵进出口流速, m/s; $\frac{v_2^2}{2g}$ 及 $\frac{v_1^2}{2g}$ 为水泵进出口动能, m。

水泵进出口的位置势能可通过任意一基准面而测得, 动能可通过流量与水泵进出口口径而计算出, 所以就只剩下进出口压力的测量。

(1) 进口压力。由于水泵进口压力小于大气压力, 所以一般用真空表测量, 按下式计算:

$$\frac{p_1}{\gamma} = 10.3 - 0.0136h_v \quad (4-12)$$

式中: h_v 为真空表读数, mmHg;

水泵进口压力接近大气压力时, 也可用水柱压差计测量。

(2) 出口压力。水泵出口压力用压力表测量, 即

$$\frac{p_2}{\gamma} = 100h_p \quad (4-13)$$

式中: h_p 为压力表读数, MPa。

四、电动机耗能测量

1. 三表法

利用电压表、电流表和功率因数表各一只, 同时量出电源输入电动机的电流、电压和功率因数, 求出电源输送给电动机的功率, 其计算公式为

$$P_1 = 0.001 \times 1.732UI \cos \varphi \quad (4-14)$$

式中: P_1 为电源送给电动机的功率, kW; U 为电源电压, V; I 为进入电动机的电流, A; $\cos \varphi$ 为电动机功率因数。

通过电压、电流、功率因数表读数, 再计算出输入功率, 乘以测定时间 (h), 即为该

时段的用电量，以 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 表示。

2. 功率表（瓦特表）测定法

电动机输入功率，直接用功率表（两个单相功率表或一个三相功率表）测定，这时表上的读数就是电源输入电动机功率。用两个单相表时，输入功率为两表读数之和。现场测定所用的功率表的精度一般为 1~1.5 级，并事先经过校正，测量值应处于表面上量程的 $1/3 \sim 2/3$ 的范围内，否则会产生较大误差。同时，计算电量还要乘以测定时间段，即为该时段内的用电量（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）。

3. 用电表和秒表测定法

用电表和秒表测定法是通过测定某一段时间内电表转动圈数求出电动机在该时间段内的耗电量。采用此法时，要多计量几次或计量圈数多一些、时间长一些，其平均值精度较高。同时，在各次实测电表转动圈数的全部时间内，水泵运行条件须保持稳定不变。目前，使用 25A 三相三线有功电表和 SJ-1 型石英液晶电子秒表（平均日差 $\leq \pm 0.5 \text{ s/d}$ ）配合使用，精度较高。

测量方法是用秒表测量电表铝盘旋转 72 圈（上述电表耗电正好为 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ）的历时。测量前将导线按原有相序接好，即可合闸抽水，待井动水位和水泵出水量相对稳定后，电表铝盘红色标记转到窗口中心点时，即可开始计时，同时记铝盘转数，当转动圈数等于电表常数（即 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ）或电表常数的 $1/2$ （ $0.5 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ）时，即停止秒表，记下所用的时间。该时段内耗电量计算公式为

$$E = N/n \quad (4-15)$$

式中：E 为时段内耗电量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ；N 为测试时段内铝盘转动圈数；n 为电表常数。

输入电动机的平均功率按下式计算

$$P = E/T \quad (4-16)$$

式中：P 为输入电动机平均功率， kW ；E 为耗电量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ；T 为测试历时，h。

五、转速的测量

1. 手持转速表

(1) 机械转速表测定动力机和水泵的转速的精确度较低，约 1%，可在野外粗测和监视时使用。

测量前应先校验表，测量时，将表调到所需测量的档位，缓慢地将表的测头与被测轴中心孔（或轮外径）接触，同时应使两轴保持在一条直线上。注意测轴和被测轴不应顶得过紧，以不丢转为原则，这时表针所指读数即为被测机械的转速（ r/min ）。由于此表在测转速时，脱离接触表针即回零，所以应读完数后再脱离接触。

用定时转速表测量转速，除上述要求以外，还要用手指预选按下转速表按钮，当表的测头与被测轴中心孔接触合适（顶得不太紧，并保持转速表端直水平）后，即松开按钮，表针走动，待表停止脱离接触。表针所指读数，即为所测转速（ r/min ）。

(2) 数字式手持转速表。数字式转速表又分接触型和非接触型两类。其测量精度误差为 1.0 r/min 。

接触式数字手持转速表与机械转速表类似，需将转速测头与转动体端面垂直接触。非接触式是用反射标记检测转速，仪表不接触旋转部件，在旋转体上贴一张反射标记，便可

测量。

2. 闪光测速法（日光灯测速法）

在与电动机同一电源上安装一日光灯，使灯光直接照射到电机的轴端。在轴头上预先画好或贴上黑白相间的扇形块，扇形块数目与电动机磁极对数的关系见表 4-9。由于电动机的实际转速总是低于同步转速，所以，当电动机转动时，借助日光灯的频率可以清楚地看到扇形块向电动机转动的相反方向旋转。如果以秒表记下某一扇形块在单位时间反转的圈数，即电动机同步转速与实际转速的差值 n' ，则电动机的实际转速 n 可用下式算出：

$$n = n_0 - n' \quad (4-17)$$

$$n_0 = f/p \quad (4-18)$$

式中： n_0 为电动机同步转速； p 为电动机磁极对数； f 为电流频率，一般为 50 Hz。

表 4-9 磁极对数同步转速关系表

电动机类型	磁极对数 p	同步转速 n_0	扇形块个数 m
2 极电机	1	3000	4
4 极电机	2	1500	8
6 极电机	3	1000	12
8 极电机	4	750	16

六、电流、电压的测量

利用电流表测量电流，检查电动机的负荷情况。用电压表测量电压，了解供电电压对电动机运行状况的影响。

1. 电流的测量

(1) 电流表。1T1—A 型电流表有两类：一是直通表，直接接入电路，该表量程在 200 A 以内；二是比数表，经电流互感器接入电路，它的量程可达 750 A。测量时电流表必须和负荷串联。

(2) 钳形电流表。是一种携带式仪表。常用的钳形电流表是 T—301 型。使用钳形电流表时，握紧胶木手把，使铁芯的钳口张开，待测电流的导线处于铁芯所包围的空腔内（不切断电路情况下测电流）再把钳口闭合。这时感应电流通过电流表而使指针偏转显示读数。

注意事项：钳形电流表只适用于测交流电源，电路上的电压不可超过钳形表上标明的规定数值，否则容易造成接地事故，或触电危险。测电流时先放在最大量程档，然后逐步调整，准确读数。

2. 电压的测量

(1) 电压表。1T1—V 型电压表有两类：一是直通表，直接接入电路，该类表量程在 600 V 以内；二是比数表，经电压互感器接入电路，用来监测高压电。用电压表测量电压时，电压表必须并联在被测电路的两端之间。

一般直流电压表不能测交流电压，而常用的交流电压表能近似地测量直流电压。

(2) 万用电表。是维修电气设备常用的仪表。使用时首先要确认量程是否适合于测试对象，然后严格按说明书进行电压测量。

七、测试资料的整理

1. 数据合理性的检验

观测数据是含有一定测量误差的近似值，应对现场测试资料进行误差估算。测试的数据，应反映正常运行情况，符合有关理论和运动规律。例如，超过设计抽水降深的抽水，不合理的滤水结构，容易出现耗能越多、抽降越深、而流量反而减少的现象，甚至断流。这样的情况，不能作为测试数值的依据。在正常情况下的机泵测试数据，应填入机泵效率测

试现场调查表和机泵效率测试现场记录表。

2. 测试数据的计算和取值

在记录测试数值时,应保留读数最后一位估计值,如仪表精度内最小分格中,估计读数的半个单位应保留填入表中。测试数据的数值需要计算时,应按本章内所列公式进行计算,经过计算后填入机泵效率测试综合表。

八、测试结果分析

(一) 装置效率计算

1. 装置效率

装置效率是抽水装置输出功率与输入功率之比值,计算公式为

$$\eta_0 = P_1/P_2 \quad (4-19)$$

式中: P_1 、 P_2 为分别为抽水装置的输出功率和输入功率, kW。

当动力为电动机时,抽水装置的输出功率为

$$P_1 = \rho g Q H_0 \quad (4-20)$$

输入功率为

$$P_2 = E_e/T \quad (4-21)$$

式中: Q 为水泵流量, m^3/s ; H_0 为净扬程, m ; ρ 为水的密度, $\rho=1, \text{t}/\text{m}^3$; g 为重力加速度, $g=9.81 \text{ m}/\text{s}^2$; E_e 为在抽水时段 T 内所消耗电能, $\text{kW} \cdot \text{h}$; T 为抽水时段, h 。

显然,装置效率 η_0 包含水泵、动力机、管路系统及传动系统的效率,为各项装置效率的乘积,但是在现场配套运行情况下,是难以实现分项测量。为了方便计算,一般利用流量、扬程计算的抽水装置的输出功率除以动力机的输入功率,求得装置效率 η_0 ; 或利用理论能源单耗与实际能源单耗的比值来计算 η_0 。

2. 能源单耗

能源单耗是衡量抽水装置配套合理程度、效率高低的一项重要的技术经济指标。其定义为从水源中提水 $1 \text{ kt} \cdot \text{m}$ 所消耗的能源数量。电能的能源单耗单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{kt} \cdot \text{m})$, 其计算式为

$$e = 1000 \Sigma E / \Sigma V H_0 \quad (4-22)$$

式中: ΣE 为某一时段内所消耗的电能, $\text{kW} \cdot \text{h}$; ΣV 为同一时段内提水总量, t ; H_0 为净扬程, m 。

每千吨水提高一米需做功的理论值为 $2.72 \text{ kW} \cdot \text{h}$

故抽水装置效率 η_0 又可表示为

$$\eta_0 = 2.27/e \quad (4-23)$$

3. 参数换算

当实测水泵转速与其额定转速相差大于 $\pm 2\%$ 时,为了便于比较起见,应将实测值换算成额定值。

(1) 流量的换算。

$$Q_e = (n_e/n)Q \quad (4-24)$$

式中: Q_e 为额定转速时的流量, m^3/s ; n_e 为额定转速, r/min ; n 为实测转速, r/min ; Q 为实测转速下的流量, m^3/s 。

(2) 扬程的换算。

$$H_e = (n_e/n)^2 H \quad (4-25)$$

式中: H_e 为额定转速时的扬程, m; H 为实测转速时的扬程, m。

(3) 能耗换算。

$$E_e = (n_e/n)^3 E \quad (4-26)$$

式中: E_e 为额定转速时的电耗, kW; E 为实测转速时的电耗, kW。

(4) 装置效率的换算。

$$\eta_e = (n_e/n)^3 \eta \quad (4-27)$$

式中: η_e 为额定转速时的装置效率; η 为实测转速时的装置效率。

(二) 利用原机泵实施管灌技术合理性分析

利用原有机泵实施管道输水灌溉, 可以省去购置和安装机泵的费用, 一般情况下, 原机泵如有一定的剩余水头可以利用, 配置管道是经济的。然而, 有些抽水装置原在高效区运行, 并无多少剩余水头可以利用, 配置管道后可能会使机泵工作点偏离高效区, 这时需进行技术经济比较, 确定是否对原机泵利用或改造。

对原有机泵配置管道时, 首先按水泵的实际流量、扬程确定管道配置, 即各管段管径, 然后进行水泵运行工况点校核。如水泵在高效区运行, 则配置合理; 否则, 应结合系统运行费用进行经济分析, 以确定是否更换水泵。

第五章 管材及其连接件

第一节 管材种类及其选择

一、管材的种类

可用于管道输水灌溉的管材较多,按管道材质可分为塑料类管材、金属材料管、水泥类管材和其他材料管四类。

二、管材选择

1. 技术要求

(1) 能承受设计要求的工作压力。管材允许工作压力应为管道最大正常工作压力的1.4倍。当管道可能产生较大水击压力时,管材的允许工作压力应不小于水击时的最大压力。

(2) 管壁要均匀一致,壁厚误差应不大于5%。

(3) 地埋暗管在农业机械和车辆等外荷载的作用下管材的径向变形率(即径向变形量与外径的比值)不得大于5%。

(4) 满足运输和施工的要求,能承受一定的局部沉陷应力。

(5) 管材内壁光滑,内外壁无可见裂缝,耐土壤化学侵蚀,耐老化,使用寿命满足设计年限要求。

(6) 管材与管材、管材与管件连接方便。连接处应满足工作压力、抗弯折、抗渗漏、强度、刚度及安全等方面的要求。

(7) 移动管道要轻便、易快速拆卸、耐碰撞、耐摩擦、不易被扎破及抗老化性能好等。

(8) 当输送的水流有特殊要求时,还应考虑对管材的特殊需要。如灌溉与饮水结合的管道,要符合输送饮用水的要求。

2. 选择方法

在满足设计要求的前提下综合考虑以下经济因素进行管材选择:①管材管件价格。②施工费用,包括运输费用、当地劳动力价值、施工辅助材料及施工设备费用。③工程的使用年限。④工程维修费用等。

在经济条件较好的地区,固定管道可选择价格相对较高但施工、安装方便及运行可靠的硬PVC管;移动管可选择涂塑软管。在经济条件较差的地区,可选择价格低廉的管材。如固定管可选素混凝土管、水泥砂土管等地方管材;移动管可选择塑料薄膜软管。在水泥、砂石料可就地取材的地方,选择就地生产的素混凝土管较经济。在缺乏或远离砂石料的地方,选择塑料管则可能是经济的。另外,选择管材还要考虑应用条件及施工环境的特殊要求。在管道有可能出现较大不均匀沉陷的地方,不宜选择刚性连接的素混凝土管,可选柔性较好的塑料硬管。在丘陵和砾石较多的山前平原,管沟开挖回填较难控制,可选择外刚度较高的双壁波纹PVC管,不宜选择薄壁PVC管。在跨沟、过路的地方,可选择钢管、铸铁管。在矿渣、炉渣堆积的工矿区附近,可利用矿渣、炉渣就地生产的水泥预制管,这样,

既发展了节水灌溉，又有利于环境保护。对将来可能发展喷灌的地区，应选择承压能力较高的管材，便于发展喷灌时利用。对于山区果园灌溉，将来可能发展微灌的地方，可部分选择 PE 管材。

总之，管材选择要遵循经济实用，因地制宜，就地取材，减少运输，方便施工的原则。同时还应考虑生产厂家的生产能力和信誉，以避免不必要的纠纷。

第二节 塑 料 硬 管

塑料硬管具有重量轻、易搬运、内壁光滑、输水阻力小、耐腐蚀和施工安装方便等优点。在管道输水灌溉工程中得到广泛应用。塑料硬管抗紫外线性能差，故多埋于地下，以减缓老化速度。在地埋条件下，使用寿命均在 20 年以上，并能适应一定的不均匀沉陷。

在管道输水灌溉系统中常用的硬塑料管材主要有普通聚氯乙烯管、聚乙烯管、聚丙烯管、双壁波纹管和加筋 PVC 管等。

一、硬聚氯乙烯管材

硬聚氯乙烯管材是按一定的配方比例将聚氯乙烯树脂、各种添加剂均匀混合，加热熔融、塑化后，经挤出、冷却定型而成。根据外观可分为光滑管和波纹管。目前，按国家标准生产的，可用于管道输水灌溉系统的硬聚氯乙烯管材主要有低压输水灌溉用系列和给水用系列等。

1. 灌溉用普通硬聚氯乙烯管 (PVC)

综合国家和水利部标准，将管道输水灌溉工程中常用的管材规格列于表 5-1。系统设计时可根据工作压力要求选取相应公称压力的管材。

表 5-1 硬聚氯乙烯管材的公称直径、壁厚及公差

公称外径 (mm)	平均外径 极限偏差 (mm)	公称压力 0.20 MPa		公称压力 0.25 MPa		公称压力 0.32 MPa		公称压力 0.63 MPa		公称压力 1.00 MPa		公称压力 1.25 MPa	
		壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)
20	+0.3 0							1.6	+0.4 0	1.9	+0.4 0		
25	+0.3 0							1.6	+0.4 0	1.9	+0.4 0		
32	+0.3 0							1.6	+0.4 0	1.9	+0.4 0		
40	+0.3 0							1.6	+0.4 0	1.9	+0.4 0	2.4	+0.5 0
50	+0.3 0							1.6	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.0	+0.5 0
63	+0.3 0							2.0	+0.4 0	3.0	+0.5 0	3.8	+0.6 0

续表

公称外径 (mm)	平均外径 极限偏差 (mm)	公称压力 0.20 MPa		公称压力 0.25 MPa		公称压力 0.32 MPa		公称压力 0.63 MPa		公称压力 1.00 MPa		公称压力 1.25 MPa	
		壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)
75	+0.3 0					1.5	+0.4 0	2.3	+0.5 0	3.6	+0.6 0	4.5	+0.7 0
90	+0.3 0					1.8	+0.4 0	2.8	+0.5 0	4.3	+0.7 0	5.4	+0.8 0
110	+0.4 0			1.8	+0.4 0	2.2	+0.4 0	3.4	+0.6 0	5.3	+0.8 0	6.6	+0.9 0
125	+0.4 0			2.0	+0.4 0	2.5	+0.4 0	3.9	+0.6 0	6.0	+0.8 0	7.4	+1.0 0
140	+0.5 0			2.2	+0.4 0	2.8	+0.5 0	4.3	+0.7 0	6.7	+0.9 0	8.3	+1.1 0
160	+0.5 0	2.0	+0.4 0	2.5	+0.4 0	3.2	+0.5 0	4.9	+0.7 0	7.7	+1.0 0	9.5	+1.2 0
180	+0.6 0	2.3	+0.5 0	2.8	+0.5 0	3.5	+0.5 0	5.5	+0.8 0	8.6	+1.1 0		
200	+0.6 0	2.5	+0.5 0	3.2	+0.6 0	3.9	+0.6 0	6.2	+0.9 0	9.6	+1.2 0		
225	+0.7 0					4.4	+0.7 0	6.9	+0.9 0	10.8	+1.3 0		
250	+0.8 0					4.9	+0.7 0	7.7	+1.0 0	11.9	+1.4 0		
280	+0.9 0					5.5	+0.8 0	8.6	+1.1 0	13.4	+1.6 0		
315	+1.0 0					6.2	+0.9 0	9.7	+1.2 0	15.0	+1.7 0		

注 1. 公称压力是管材在 20℃ 下输送水的工作压力。

2. 0.20~0.32 MPa 系列主要为 GB/T13664—92《低压输水灌溉用薄壁硬聚氯乙烯 (PVC-U) 管材》；0.63~1.00 MPa 系列为 GB10002.1—88《给水用硬聚氯乙烯管材》；1.25 MPa 系列为 SL/T96.1—1994《喷灌用硬聚氯乙烯管》。

3. 管材长度一般为 4~6 m 一节。

在 PVC 管材的生产过程中，同一套模具采用不同的牵拉速度，可生产出不同壁厚的管材。因此，部分厂家生产了多种壁厚规格的管材。设计时可根据设计要求选用，但必须了解管材的性能指标。

2. 硬聚氯乙烯 (PVC-U) 双壁波纹管材

硬聚氯乙烯双壁波纹管材按压力等级分为无压、0.20 MPa、0.40 MPa 三个级别，在管道输水灌溉系统中主要采用 0.20 MPa 和 0.40 MPa 两个系列，规格见表 5-2。

表 5-2

硬聚氯乙烯 (PVC-U) 双壁波纹管材 (QB/T1916) 的规格

公称外径 (mm)	外径极限偏差 (mm)		最小平均 (mm)	最大承口 (mm)	最小承口 (mm)	长 度 (mm)	长度极限偏差 (mm)
	上 偏 差	下 偏 差					
63	+0.3	-0.4	54	63.3	40	4000 或 6000 或 8000	±30
75	+0.3	-0.5	65	75.4	52		
90	+0.3	-0.6	77	90.4	63		
110	+0.4	-0.7	97	110.5	75		
125	+0.4	-0.8	107	125.5	78		
160	+0.5	-1.0	135	160.6	95		
200	+0.6	-1.2	172	200.7	110		
250	+0.8	-1.5	216	250.9	130		
315	+1.0	-1.9	270	316.1	180		
400	+1.2	-2.4	340	401.3	240		
500	+1.5	-3.0	432	501.6	300		

注 硬聚氯乙烯双壁波纹管的连接方式为密封圈承插式连接。

目前生产硬聚氯乙烯双壁波纹管材的厂家较少,规格也不够齐全,选用时必须了解厂家所生产的规格。

3. 其他硬聚氯乙烯管材

近年来,随着管道输水灌溉技术发展的特殊要求,通过改变生产工艺和配方,生产出一些新型的硬聚氯乙烯管材。如:通过添加水泥生产的赤泥硬聚氯乙烯管材,改善了管材的抗老化性能,提高了强度;通过加入环向钢筋生产的加筋硬聚氯乙烯管材,提高了大口径管材的强度、减小了壁厚、降低了造价。

目前国内生产的可用于管道输水灌溉的 PVC 管材种类较多,应根据当地条件选用。使用压力和口径较大时,选用加筋 PVC 管通常比普通 PVC 管更经济。当压力较低时,导致管道破坏的因素往往不是内水压力,而是外刚度不足,此时选用双壁波纹管较适宜。施工条件较好,管沟挖填能严格控制,亦可选用薄壁 PVC 管。在地形复杂、施工条件较差的丘陵区,应选用压力稍高、外刚度较大的管材。

二、聚乙烯管材

聚乙烯 (PE) 管材由于不含有毒的氯,更适于输送饮用水,因而在与饮水相结合的管灌工程中,可选用 PE 管材。另外,由于 PE 管较 PVC 硬管柔软、重量轻,可用于管沟开挖难以控制的山丘区,还可作为移动管。目前微管系统多采用 PE 管,若考虑今后可能改建成微灌工程,管灌系统亦可采用 PE 管。

根据所采用的聚乙烯材料密度的不同,PE 管材可分为高密度聚乙烯 (HDPE) 和低密度聚乙烯 (LDPE、LLDPE) 两种。低密度聚乙烯又称为高压聚乙烯,相应的管材又称为高压聚乙烯管材。

1. 高密度聚乙烯 (HDPE) 管材

高密度聚乙烯 (HDPE) 管材施工方便、运行可靠、耐久性好,但价格较高。因此在管

道输水灌溉工程使用较少。管材规格见表 5-3。

表 5-3

高密度聚乙烯 (HDPE) 管材规格

公称 外径 (mm)	用管件连接 管的平均外 径极限偏差 (mm)	热承插连接 管的平均外 径极限偏差 (mm)	公称压力 0.25 MPa		公称压力 0.40 MPa		公称压力 0.60 MPa		公称压力 1.00 MPa	
			公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)	公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)	公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)	公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)
16	+0.3 0	±0.2							2.0	+0.4 0
20	+0.3 0	±0.3							2.0	+0.4 0
25	+0.3 0	±0.3					2.0	+0.4 0	2.3	+0.5 0
32	+0.3 0	±0.3					2.0	+0.4 0	2.9	+0.5 0
40	+0.4 0	±0.4			2.0	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.7	+0.6 0
50	+0.5 0	±0.4			2.0	+0.4 0	3.0	+0.5 0	4.6	+0.7 0
63	+0.6 0	±0.5	2.4	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.8	+0.5 0	5.8	+0.8 0
75	+0.7 0	±0.5	2.9	+0.4 0	2.9	+0.6 0	4.5	+0.6 0	6.8	+0.9 0
90	+0.9 0	±0.7	2.2	+0.5 0	2.5	+0.6 0	5.4	+0.7 0	8.2	+1.1 0
110	+1.0 0	±0.8	2.7	+0.5 0	4.2	+0.7 0	6.6	+0.8 0	10.0	+1.2 0
125	+1.2 0	±1.0	3.1	+0.5 0	4.8	+0.7 0	7.4	+0.9 0	11.4	+1.3 0
140	+1.3 0	±1.0	3.5	+0.6 0	5.4	+0.8 0	8.3	+1.0 0	12.7	+1.5 0
160	+1.5 0	±1.2	4.0	+0.6 0	6.2	+0.9 0	9.5	+1.1 0	14.6	+1.7 0
180	+1.7 0		4.4	+0.7 0	6.9	+0.9 0	10.7	+1.2 0	16.4	+1.9 0
200	+1.8 0		4.9	+0.7 0	7.7	+1.0 0	11.9	+1.3 0	18.2	+2.1 0
225	+2.1 0		5.5	+0.8 0	8.6	+1.1 0	13.4	+1.4 0	20.5	+2.3 0
250	+2.3 0		6.2	+0.9 0	9.6	+1.2 0	14.8	+1.6 0	22.7	+2.4 0
315	+2.9 0		7.7	+1.0 0	12.1	+1.5 0	18.7	+1.7 0	28.6	+3.1 0

注 1. 公称压力是管材在 20℃ 下输送水的工作压力; 管材长度每节不小于 4 m。

2. 本表摘自 GB/T13663—92。

2. 低密度聚乙烯管材

低密度聚乙烯 (LDPE、LLDPE) 管材较柔软, 抗冲击性强, 适宜地形较复杂的地区。这类管材多用于微灌工程, 对于输水流量较小的山丘区果树管道输水灌溉工程也可采用这种管材, 其规格见表 5-4。

表 5-4

低密度聚乙烯管材规格

公称外径 (mm)	平均外径 极限偏差 (mm)	公称压力 0.25 MPa		公称压力 0.40 MPa		公称压力 0.60 MPa		公称压力 1.00 MPa	
		公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)	公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)	公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)	公称壁厚 (mm)	极限偏差 (mm)
6	+0.3 0			0.5	+0.3 0				
8	+0.3 0			0.6	+0.3 0				
10	+0.3 0	0.5	+0.3 0	0.8	+0.3 0				
12	+0.3 0	0.6	+0.3 0	0.9	+0.3 0				
16	+0.3 0	0.8	+0.3 0	1.2	+0.3 0	2.3	+0.5 0	2.7	+0.5 0
20	+0.3 0	1.0	+0.3 0	1.5	+0.4 0	2.3	+0.5 0	3.4	+0.6 0
25	+0.3 0	1.2	+0.3 0	1.8	+0.4 0	2.8	+0.5 0	4.2	+0.7 0
32	+0.3 0	1.6	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.6	+0.6 0	5.4	+0.8 0
40	+0.4 0	1.9	+0.4 0	3.0	+0.5 0	4.5	+0.7 0	6.7	+0.9 0
50	+0.5 0	2.4	+0.5 0	3.7	+0.6 0	5.6	+0.8 0	8.3	+1.1 0
63	+0.6 0	3.0	+0.5 0	4.7	+0.7 0	7.1	+1.0 0	10.5	+1.3 0
75	+0.7 0	3.6	+0.6 0	5.5	+0.8 0	8.4	+1.1 0	12.5	+1.5 0
90	+0.9 0	4.3	+0.7 0	6.6	+0.9 0	10.1	+1.3 0	15.0	+1.7 0
110	+1.0 0					12.3	+1.5 0	18.3	+2.1 0

注 1. 公称压力为管材在 20℃ 时的工作压力。

2. 0.25 MPa、0.40 MPa 系列为 SL/T96.2—1994 标准; 0.60 MPa、1.00 MPa 系列为 GB1930—93 标准。

3. 本表摘自 GB1930—93, SL/T96.2—1994。

此外, 早期引进的微灌技术所采用的低密度聚乙烯管材是按内径系列生产的。由于这种管材连接件比较便宜, 并形成系列产品, 目前仍有厂家按这种标准生产, 规格如表 5-5。

表 5-5

公称压力为 0.25 MPa 内径系列低密度聚乙烯管材的规格

公称内径 (mm)	10	12	15	20	25	32	40	50	65	80
壁 厚 (mm)	1.0	1.0	1.15	1.6	2.0	2.7	3.3	3.9	5.0	5.3

三、聚丙烯管材

聚丙烯管材是以聚丙烯树脂为基料, 加入其他材料, 经挤出成型而制成的性能良好的共聚改性管材。这种管材的性能、适用条件与 HDPE 管类似, 规格见表 5-6。

表 5-6

聚丙烯管材的规格

公称外径 (mm)	外径偏差 (mm)	公称压力 0.25 MPa		公称压力 0.40 MPa		公称压力 0.60 MPa		公称压力 1.00 MPa		公称压力 1.60 MPa		公称压力 2.00 MPa	
		公 称 壁 厚 (mm)	极 限 偏 差 (mm)	公 称 壁 厚 (mm)	极 限 偏 差 (mm)	公 称 壁 厚 (mm)	极 限 偏 差 (mm)	公 称 壁 厚 (mm)	极 限 偏 差 (mm)	公 称 壁 厚 (mm)	极 限 偏 差 (mm)	公 称 壁 厚 (mm)	极 限 偏 差 (mm)
16	+0.3 0							1.8	+0.5 0	2.2	+0.5 0	2.7	+0.5 0
20	+0.3 0					1.8	+0.4 0	1.9	+0.4 0	2.8	+0.5 0	3.4	+0.6 0
25	+0.3 0					1.8	+0.4 0	2.3	+0.5 0	3.5	+0.6 0	4.2	+0.7 0
32	+0.3 0					1.9	+0.4 0	2.9	+0.5 0	4.4	+0.7 0	5.4	+0.8 0
40	+0.4 0			1.8	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.7	+0.6 0	5.5	+0.8 0	6.7	+0.9 0
50	+0.5 0	1.8	+0.4 0	2.0	+0.4 0	3.0	+0.5 0	4.6	+0.7 0	6.9	+0.9 0	8.3	+1.1 0
63	+0.6 0	1.8	+0.4 0	2.4	+0.5 0	3.8	+0.6 0	5.8	+0.8 0	8.6	+1.1 0	10.5	+1.3 0
75	+0.7 0	1.9	+0.4 0	2.9	+0.5 0	4.5	+0.7 0	6.8	+0.9 0	10.3	+1.3 0	12.5	+1.5 0
90	+0.9 0	2.2	+0.5 0	3.5	+0.6 0	5.4	+0.8 0	8.2	+1.1 0	12.3	+1.5 0	15.0	+1.7 0
110	+1.0 0	2.7	+0.5 0	4.2	+0.7 0	6.6	+0.9 0	10.0	+1.2 0	15.1	+1.8 0	18.3	+2.1 0
125	+1.2 0	3.1	+0.6 0	4.8	+0.7 0	7.4	+1.0 0	11.4	+1.4 0	17.1	+2.0 0	20.8	+2.3 0
140	+1.3 0	3.5	+0.6 0	5.4	+0.8 0	8.3	+1.1 0	12.7	+1.5 0	19.2	+2.2 0	23.3	+2.6 0
160	+1.5 0	4.0	+0.6 0	6.2	+0.9 0	9.5	+1.2 0	14.6	+1.7 0	21.9	+2.4 0	26.6	+2.9 0
180	+1.7 0	4.4	+0.7 0	6.9	+0.9 0	10.7	+1.3 0	16.4	+1.9 0	24.6	+2.7 0	29.9	+3.2 0

公称外径 (mm)	外径偏差 (mm)	公称压力 0.25 MPa		公称压力 0.40 MPa		公称压力 0.60 MPa		公称压力 1.00 MPa		公称压力 1.60 MPa		公称压力 2.00 MPa	
		公称 壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	公称 壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	公称 壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	公称 壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	公称 壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)	公称 壁厚 (mm)	极限 偏差 (mm)
200	+1.8 0	4.9	+0.7 0	7.7	+1.0 0	11.9	+1.4 0	18.2	+2.1 0	27.3	+3.0 0		
225	+2.1 0	5.5	+0.8 0	8.6	+1.1 0	13.4	+1.6 0	20.5	+2.3 0				
250	+2.3 0	6.2	+0.9 0	9.6	+1.2 0	14.8	+1.7 0	22.7	+2.5 0				
280	+2.6 0	6.9	+0.9 0	10.7	+1.3 0	16.6	+1.9 0	25.4	+2.8 0				
315	+2.9 0	7.7	+1.0 0	12.1	+1.5 0	18.7	+2.1 0	28.6	+3.1 0				
355	+3.2 0	8.7	+1.1 0	13.6	+1.6 0	21.1	+2.4 0						
400	+3.6 0	9.8	+1.7 0	15.3	+2.2 0	23.7	+3.8 0						
450	+4.1 0	+1.9	11.0 0	17.2	+2.8 0	26.7	+4.3 0						
500	+4.5 0	12.3	+2.1 0	19.1	+3.1 0	29.6	+4.7 0						
560	+5.1 0	13.7	+2.3 0	21.4	+3.4 0								
630	+5.7 0	15.4	+2.6 0	24.1	+3.9 0								

注 1. 公称压力为管材在 20℃ 时的工作压力, 建议设计应力 5.0 MPa; 管材长度每节 4~6 m。

2. 本表摘自 GB1929—93。

四、硬塑料管材的连接与配套管件

硬塑料管的连接有扩口承插式、套管式、锁紧接头式、螺纹式、法兰式、热熔焊接式等形式。同一连接形式中又有多种连接方法, 不同的连接方法的适用条件、适用范围及选用的连接件亦不同。因此, 在选择连接形式、连接方法时, 应根据被连接管材的种类、规格、管道系统设计压力、施工环境、连接方法的适用范围、操作人员技术水平等来进行综合考虑。

1. 扩口承插式连接

扩口承插式连接是目前管道灌溉系统中应用最广的一种形式。其连接方法有: 热软化扩口承插连接、扩口加密封圈承插连接和溶剂粘合式承插连接三种。相同管径之间的连接

一般不需要连接件，只是在分流、转弯、变径等情况时才使用管件。塑料管件一般带有承口，采用溶剂粘合或加密封圈承插连接即可，如图 5-1、图 5-2 所示。

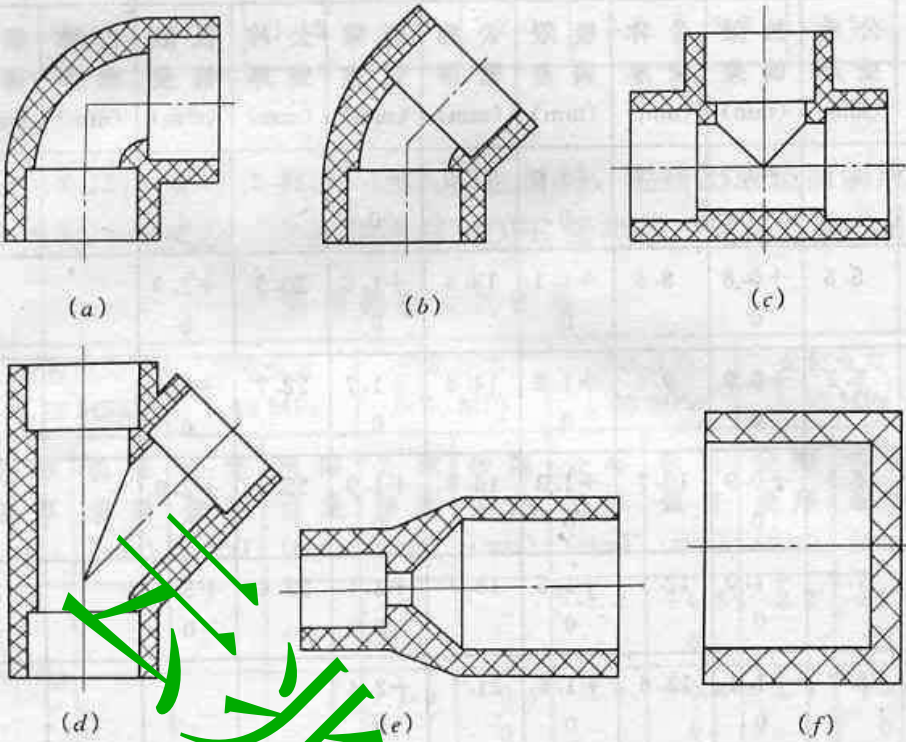


图 5-1 溶剂粘合式承插连接管件
(a) 90°弯头；(b) 45°弯头；(c) 90°三通；(d) 45°三通；(e) 异径；(f) 堵头

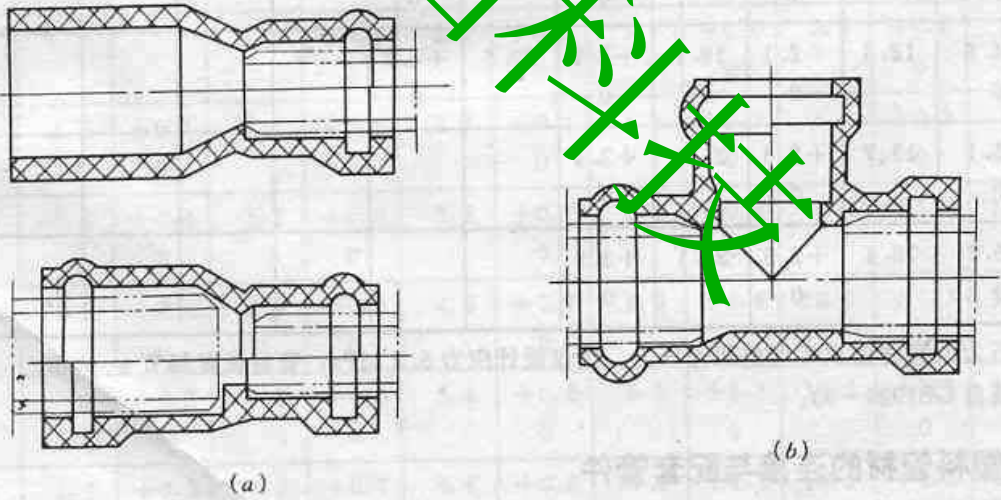


图 5-2 加密封圈承插连接管件
(a) 异径；(b) 堵头

对于双壁波纹管，可选用溶剂粘接式承插管件，连接时用专用橡胶圈密封，亦可加胶粘接。

2. 套管式连接

对于无扩口直管的连接，除了在现场扩口连接之外，还可采用套管连接，即用一专用接头将两节管子连接在一起，如图 5-3 所示。图 5-3 (a) 是固定式套管，接头与管子连接后成为一整体，不易拆卸，接头成本较低。图 5-3 (b) 是活接头，接头与管子连接后

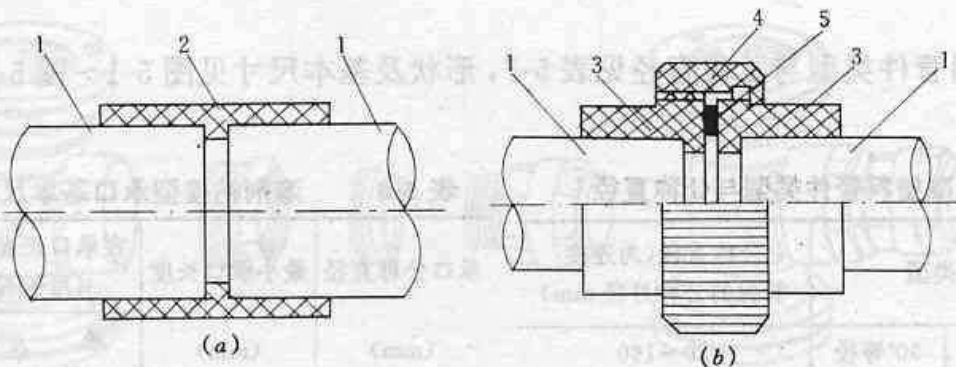


图 5-3 套管式连接

(a) 固定式套管；(b) 活接头

1—塑料管；2—PVC 固定套管；3—承口端；4—PVC 螺帽；5—平密封胶垫

也成为一整体，但管子与管子之间可通过松紧螺帽来拆卸，接头成本较高，一般多用于系统中需要经常拆卸之处。

3. 组合式锁紧连接件连接

组合式锁紧连接件如图 5-4 所示，通过紧锁箍将管子连接在一起，能承受较高的压力。图 5-4 (a) 所示的锁紧接头主要用于塑料管与塑料管之间的连接，图 5-4 (b) 所示的锁紧接头则用于塑料管与金属管之间的连接。组合式锁紧连接多用于粘合剂连接不方便的聚乙烯、聚丙烯等管材以及系统设计压力较高的聚氯乙烯管材的连接。

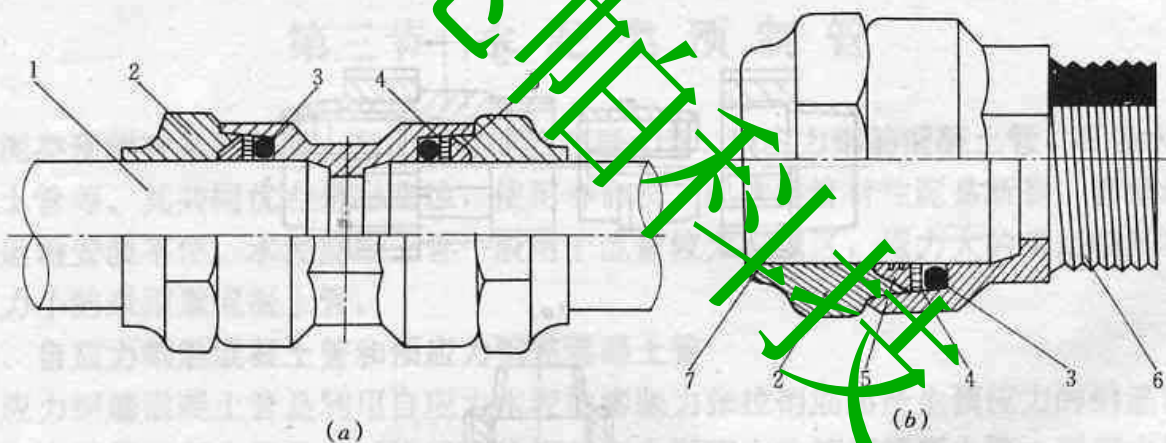


图 5-4 组合式锁紧连接

(a) 塑料管与塑料管连接；(b) 塑料管与金属管连接

1—塑料管；2—铸铁紧固螺栓；3—O 形橡胶密封圈；4—铸铁压力环；
5—铸铁夹环；6—与金属管连接端；7—与塑料管连接端

除图 5-4 所示的形式外，还有图 5-5 所示的相应管径的三通、变径、弯管等，这类管件适用于管径不大于 63 mm 的管材。连接较软的管材可用注塑管件，如 LDPE 管；连接较硬的管材可用金属管件，如 HDPE 管。对于管径大于 63 mm 的管件，其锁紧螺母改为法兰盘，一般采用金属加工制成，如图 5-6 所示。

4. 塑料管件的系列规格

目前灌溉工程使用的塑料管件主要是给排水系列的一次成型塑料管件，包括溶剂粘接型、弹性密封圈连接型聚氯乙烯塑料管件。建筑排水用硬聚氯乙烯管件可用于压力不大于 0.32 MPa 的管道系统，给水用硬聚氯乙烯管件可用于压力不大于 1.0 MPa 的管道系

统。标准塑料管件类型与工程直径见表 5-7, 形状及基本尺寸见图 5-1~图 5-6、表 5-8 和表 5-9。

表 5-7 标准塑料管件类型与公称直径

塑料管件类型			公称直径(为连接管材的公称外径 mm)
溶 剂 粘 接 型	弯 头	90°等径	20~160
		45°等径	20~160
	三 通	90°等径	20~160
		45°等径	20~160
	套 管		20~160
	变径管(长型)		25(20)~160(140)
	堵 头		20~160
弹 性 密 封 圈 连 接 型	活 接 头		20~63
	90° 三 通		20~225
	套 管		63~225
	变 径 管		75(63)~225(200)

注 本表摘自 GB10002.2。

表 5-8 溶剂粘接型承口基本尺寸

承口公称直径 (mm)	最小承口长度 (mm)	在承口长度中点的平均内径 (用于有间隙的接头)	
		最 小 (mm)	最 大 (mm)
20	16.0	20.1	20.3
25	18.5	25.1	25.3
32	22.0	32.1	32.3
40	26.0	40.1	40.3
50	31.0	50.1	50.3
63	37.5	63.1	63.3
75	43.5	75.1	75.3
90	51.0	90.1	90.3
110	61.0	110.1	110.4
125	68.5	125.1	125.4
140	76.0	140.2	140.5
160	86.0	160.2	160.5

注 本表摘自 GB10002.2。

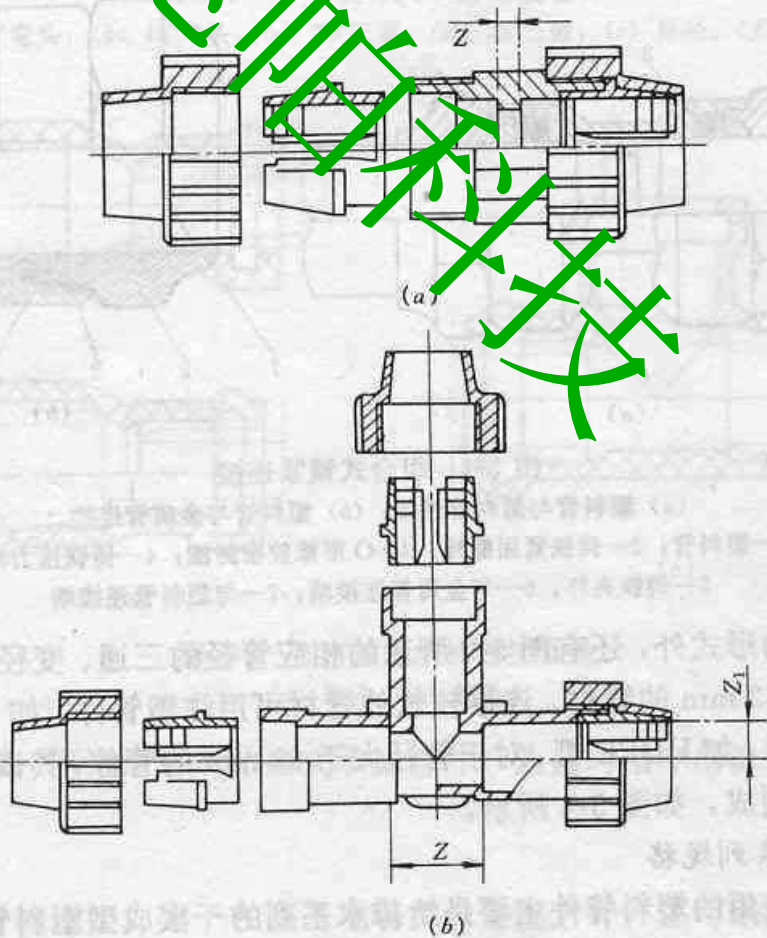


图 5-5 组合式锁紧连接

(a) 接头; (b) 三通

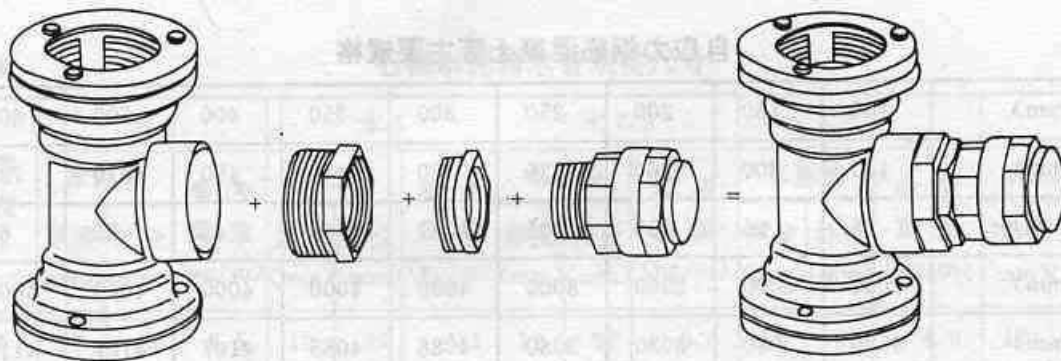


图 5-6 管径大于 63 mm 组合式锁紧连接

表 5-9

弹性密封圈连接型承口基本尺寸

管材公称外径 (mm)	最小承插长度 (mm)	管材公称外径 (mm)	最小承插长度 (mm)	管材公称外径 (mm)	最小承插长度 (mm)
63	64	140	81	250	105
75	67	160	86	280	112
90	70	180	90	315	118
110	75	200	94		
125	78	225	100		

注 本表摘自 GB10002.2。

第三节 水泥类预制管

水泥类预制管类型很多，有自应力钢筋混凝土管、预应力钢筋混凝土管、石棉水泥管、素混凝土管等。其共同优点是耐腐蚀，使用寿命长。但这类管材性脆易断裂、管壁厚、重量大、运输安装不便。水泥混凝土管一般用于流量较大的灌区，压力大的采用钢筋混凝土管，压力小的采用素混凝土管。

一、自应力钢筋混凝土管和预应力钢筋混凝土管

自应力钢筋混凝土管是利用自应力水泥的膨胀力张拉钢筋而产生预应力的钢筋混凝土管。预应力钢筋混凝土管是通过机械张拉钢筋产生预应力的钢筋混凝土管。预应力钢筋混凝土管按制造工艺的不同又分为震动挤压（一阶段）工艺管和管芯绕丝（三阶段）工艺管。自应力、预应力钢筋混凝土管均具有良好的抗渗性和耐久性。连接形式采用橡胶圈密封的承插子母口，施工安装比较简单。因受其材料力学性能和制造工艺的限制，自应力钢筋混凝土管适于较小的管径，预应力钢筋混凝土管适于较大的管径。表 5-10～表 5-12 列出了自应力钢筋混凝土管和预应力钢筋混凝土管规格。其工作压力和出厂检验压力见表 5-13。

二、石棉水泥管

石棉水泥管以石棉和水泥为原料经制管机制成。与其他水泥混凝土管相比，石棉水泥管具有重量轻、耐腐蚀、承压能力高、便于搬运和铺设、内外壁光滑、切削钻孔加工容易及施工简单等优点。但抗冲击、碰撞能力差、价格稍高。

石棉水泥管有平口和承插口两种，接头也有刚性接头和柔性接头两类。刚性接头常用石棉水泥填缝或素混凝土浇筑而成，或采用环氧树脂和玻璃布缠结成为刚性接头。柔性接

表 5-10

自应力钢筋混凝土管主要规格

公称内径(mm)	100	150	200	250	300	350	400	500	600	800
外 径(mm)	150	200	260	320	380	440	490	610	720	960
壁 厚(mm)	25	25	30	35	40	45	45	55	60	80
有效长度(mm)	3000	3000	3000	3000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
管体长度(mm)	3080	3080	3080	3080	4088	4088	4107	4107	4117	4140
参考重量(kg/根)	90	115	180	260	470	615	700	1070	1415	2536

注 本表引自 GB4084—83。

表 5-11

预应力钢筋混凝土管(一阶段)主要规格

公称内径(mm)	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000
壁 厚(mm)	50	50	55	55	60	65	70	80	90	100	115	130
参考重量(kg/根)	997	1212	1587	1836	2286	2787	3337	4569	5992	7609	9840	12356

注 管体长度 5160 mm;有效长度 5000 mm。本表引自 GB5695—85。

表 5-12

预应力钢筋混凝土管(三阶段)主要规格

公称内径(mm)	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000
有效长度(mm)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	4000	4000
管体长度(mm)	5160	5160	5160	5160	5160	5160	5160	5160	5160	5160	4170	4170
参考重量(kg/根)	1182	1464	1890	2223	2720	3289	3835	5250	5847	9859	9608	11893

注 本表引自 GB5696—85。

表 5-13

钢筋混凝土管工作压力和出厂检验压力

自应力管	管子级别	工压—4	工压—5	工压—6	工压—8	工压—10	工压—12
	工作压力(MPa)	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2
	出厂检验压力(MPa)	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0
预应力管	管子级别	I		II	III	IV	V
	工作压力(MPa)	0.4		0.6	0.8	1.0	1.2
	抗渗检验压力(MPa)	0.6		0.9	1.2	1.5	1.8

头,平口管对接常用管箍带橡胶圈止水,承插口则直接采用橡胶圈止水。我国目前生产的石棉水泥管承压能力较高,主要用于喷灌系统。国家标准 GB3039—82 石棉水泥输水管规格见表 5-14,工作压力、试验水压力见表 5-15。

三、素混凝土预制管

素混凝土管主要特点是价格低廉。虽然素混凝土不能承受很大的拉应力,但制成的管材可以承受一定的低压水压力,因此仍可应用于管灌系统中作为地理暗管管材。一般每节长 1~2 m,采用平口(I型)、企口(II型)或子母口(III型)承插连接。水利部标准 SL/T98—1994《灌溉用低压输水混凝土管技术条件》中规定的混凝土管尺寸、工作压力和检验压力见图 5-7 和表 5-16、表 5-17。

表 5-14

石棉水泥输水管规格尺寸

公称 内径 (mm)	标 准 长 度 (m)	水 3			水 5			水 7.5			水 9			水 12		
		车削端		参 考 重 量 (kg/m)	车削端		参 考 重 量 (kg/m)	车削端		参 考 重 量 (kg/m)	车削端		参 考 重 量 (kg/m)	车削端		参 考 重 量 (kg/m)
		厚度 (mm)	外径 (mm)		厚度 (mm)	外径 (mm)		厚度 (mm)	外径 (mm)		厚度 (mm)	外径 (mm)		厚度 (mm)	外径 (mm)	
75	2,3	9	93	5.5	10	95	6.1	11	97	6.6	11	97	6.6	12	99	7.2
100	2,3,4	9	118	7.1	10	120	7.8	11	122	8.5	11	122	8.5	12	124	9.3
150	2,3,4,5	10	170	11.3	11	172	12.3	14	178	15.4	16	182	17.5	18	186	19.8
200	3,4,5	11	222	16.1	12	224	17.4	16	232	22.8	21	242	29.8	25	250	35.6
250	3,4,5	13	276	23.1	15	280	26.4	19	288	33.1	23	296	40.0	27	304	47.0
300	3,4,5	16	332	23.3	17	334	35.2	23	346	47.2	26	352	57.5	30	360	61.7
350	4,5	18	386	43.0	19	388	45.3	27	404	63.6	30	410	71.0	34	418	80.8
400	4,5	21	442	56.5	22	444	59.1	30	460	80.3	35	470	94.0	40	480	110.7
450	4,5	24	496	69.0	28	506	83.7	33	516	98.6	39	525	117.0	45	540	135.8
500	4,5	27	554	89.2	31	562	102.2	38	576	125.5	48	586	142.0	50	600	166.8

注 管子未车削外径比车削外径约大 2 mm。

表 5-15

石棉水泥输水管的试验水压和破坏水压

级 别	试验水压 (MPa)	破 坏 水 压 (MPa)						
		75	100	150	200	250	300	350
水 3	0.6	2.74	2.07	1.56	1.37	1.27	1.27	1.27
水 5	1.0	3.72	2.64	2.07	1.76	1.76	1.66	1.56
水 7.5	1.5	4.02	3.23	2.64	2.35	2.25	2.25	2.25
水 9	1.8	5.49	4.31	3.72	4.11	3.62	3.43	3.43
水 12	2.4	5.98	4.60	4.02	4.80	4.21	3.92	3.82

注 本表摘自 GB3039—82。

表 5-16

混凝土管尺寸及参考重量表

内径 D (mm)			100	150	200	250	300	350	400	500	600
外径 D_g (mm)			150	200	260	310	370	430	480	590	700
壁厚 t (mm)			25	25	30	30	35	40	40	45	50
I 型 (mm)	母 口	D_1	—	—	—	—	—	385	435	540	645
		D_2	—	—	—	—	—	388	438	544	649
		L_1	—	—	—	—	—	10	10	15	15
	子 口	D_3	—	—	—	—	—	381	431	536	640
		D_4	—	—	—	—	—	383	433	539	643
		L_2	—	—	—	—	—	18	18	24	24
I 型 (mm)	承 口	D_5	152	202	263	313	374	434	484	594	705
		D_6	168	218	279	329	392	452	504	616	729
		D_7	215	265	335	385	455	525	575	695	815
		L_3	50	50	50	50	60	60	70	80	90
		L_4	60	60	65	65	75	75	85	100	120
		L_5	65	65	75	75	85	95	95	105	115

续表

有效长度 L (mm)		1000 1500	1000 1500	1000 1500	1000 1500	1000 1500	1000 1500	1000 —	1000 —	1000 —
参考重量 (kg/根)	I 型	26	36	57	69	98	130	147	204	271
		39	55	86	105	147	195	—	—	—
	II 型	—	—	—	—	—	130	147	204	271
		—	—	—	—	—	195	—	—	—
	III 型	28	39	62	76	106	142	161	227	303
		41	58	91	111	155	207	—	—	—

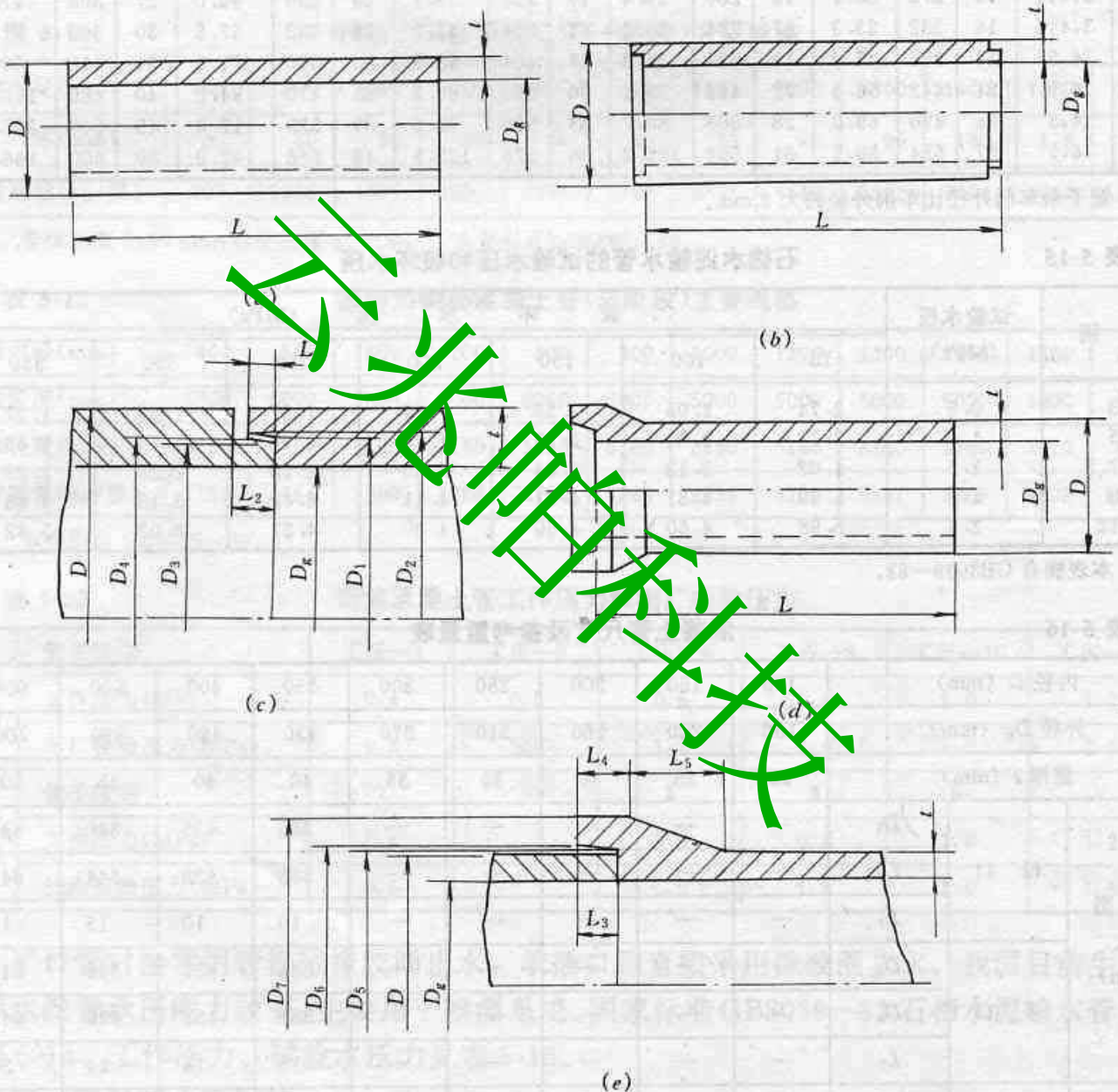


图 5-7 素混凝土管外形及连接尺寸图

(a) I 型混凝土管外形; (b) II 型混凝土管外形; (c) III 型混凝土管连接尺寸;

(d) IV 型混凝土管外形; (e) V 型混凝土管连接尺寸

“七五”期间,我国北方井灌区对预制管曾开展了多方面的试验研究,研制了价格低廉的立式挤压制管机,并以砂、土、石屑、炉渣等地方材料作为主要配料的制管工艺、配比及相应的施工技术。

表 5-17 混凝土管压力等级代号
及主要参数

压力等级代号	0.5	1.0	1.5	2.0
工作压力(MPa)	0.05	0.10	0.15	0.20
检验压力(MPa)	0.1	0.2	0.3	0.4
对应最大管径(mm)	600	600	600	350

规格的低压管材(表 5-18),各种规格管材的材料配比、力学指标及内水爆破压力参考表5-19~表 5-26。但是,有些地方为了降低造价而忽视了质量问题,出现了一些渗漏水严重的管道工程,甚至造成工程的报废。为了规范这类管材,水利部 1994 年颁布了行业标准 SL/T98—1994,见表 5-16~表 5-17。

表 5-18 水泥预制管材的规格

管 材	规 格 (mm)			重 量 (kg)	管口形式
	内径及公差	壁厚及公差	长度及公差		
水泥砂土管	135±2	27±2	980±5	26.8	平 口 型
	150±2	25±2	980±5	26.8	
	200±3	30±3	980±5	42.3	
	250±3	35±3	980±5	76.0	
水泥砂管	150±2	30±2	1000±5	35.2	子 母 口 型
	200±3	30±2	1000±5	50.0	
	250±3	30±3	1000±5	65.0	
水泥土管	200±3	30±3	1000±5	45.0	平 口 型
	200±3	35±3	1000±5	52.0	
	250±3	35±3	1000±5	59.0	
	250±3	40±3	1000±5	63.0	
水泥石屑管	150±2	20±2	1000±5	24.5	子 母 口 型
	200±2	30±2	1000±5	43.9	
	300±3	40±3	1000±5	83.3	
水泥炉渣管	150±2	35±2	1000±5	35.0	平 口 型
	220±3	40±3	1000±5	59.0	
薄壁混凝土管	150±2	20±2	1000±5	43.0	企 口 型

表 5-19 水泥石屑管材料配比表

材 料	配 合 比 (%)	水分含量 (%)	水 灰 比	干 容 重 (t/m³)	备 注
水 泥	12~18	6.4~8	0.44 左右	2.2	水泥、石屑百分比为两项重量和之比,水分 分为占总干料重的百分数
石 屑	82~88				

目前,管道灌溉系统中广泛应用的素水泥预制管材主要以立式挤压制管机作为制管工具,以砂、土、石屑、炉渣等作为主要配料挤压而成的。主要有水泥砂管、水泥砂土管、水泥土管、水泥石屑管、水泥炉渣管等。这类管材配料可就地取材,水泥用量少,造价低廉。各地在研究过程中,生产出了多种

表 5-20

水泥预制管的材料及适宜配比

管 材 名 称	材 料 及 配 比							
	水 泥 (%)	砂 (%)	土 (%)	石 屑 (%)	炉 渣 (%)	球形灰 (%)	水 (%)	水 灰 比 (%)
水泥砂土管	15~18	50	32~35				7~9	0.40~0.50
水泥砂管	20	30		30		20	7.6~8.0	0.38~0.40
水泥土管	5~20		85~80					
水泥石屑管	12~18			82~88			6.4~8.1	
水泥炉渣管	20				80		9	0.45
薄壁混凝土管	25	40		35			8.75	0.35

表 5-21

水泥砂土管内水爆破压力和抗渗压力

材 料 配 比 (%)			内水爆破压力 (MPa)			抗渗压力 (MPa)	备 注
水泥	砂	粘土	7 天	14 天	28 天		
15	50	35	0.079	0.130	0.152	>0.10	425 号水泥, 试件内径为 135 mm, 壁厚 27 mm
18	40	42	0.085	0.148	0.185	>0.12	
18	50	32	0.080	0.088	0.162	>0.12	
18	60	22	0.120	0.138	0.173	>0.12	
20	50	30	0.114	0.138	0.263	>0.15	

表 5-22

水泥土管的规格及内水爆破压力

规 格 (mm)			干 容 重 (t/m ³)	每节管重量 (kg)	每节管材料用量(kg)		内水爆破压力 (MPa)
内 径	壁 厚	管 长			水 泥	土 料	
200	30	1000	1.85	45	7	38	0.16
200	35	1000	1.85	52	8	44	0.18
200	35	1000	1.85	63	10	53	0.10
200	40	1000	1.85	73	11	62	0.16

表 5-23

水泥土管抗压强度与水泥掺量的关系

水泥掺量 (%)	8	10	15	20	25
抗压强度 (MPa)	6.0	7.0	10.0	13.0	15.0

表 5-24

水泥石屑管强度表

管 材 规 格 (mm)			水泥掺量 (%)	抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	抗弯强度 (MPa)	备 注
内 径	壁 厚	每节长度					
200	30	1000	16	14.07	2.11	3.45	龄期 28 天
200	30	1000	18	15.65	2.68	3.79	
200	30	1000	20	15.71	2.71	5.01	

表 5-25

水泥炉渣管内水爆破压力

水泥掺量 (%)	规 格 (mm)			内水爆破压力 (MPa)	备 注
	内 径	壁 厚	每节长度		
17	220	40	1000	0.14	龄期 28 天
20	220	40	1000	0.18	
23	220	40	1000	0.24	

表 5-26

薄壁混凝土管配比及内水爆破压力

配 合 比			每节管材用量			内水爆破压力		备 注
水 泥	砂	石 屑	水 泥 (kg)	砂 (kg)	石 屑 (kg)	抗 渗 (MPa)	破 坏 (MPa)	
1	1.9	1.6	8.5	16.2	13.6	0.08	0.20	管内径 150 mm, 壁厚 20 mm, 每节管长 1500 mm
1	1.7	1.5	10.2	17.4	15.4	0.20	0.25	
1	1.7	1.4	10.5	18.0	14.5	0.30	0.30	

四、混凝土预制管管件

钢筋混凝土管件的制作工艺较复杂,多根据需要现场浇筑。素混凝土管件各地曾有研制,但形成系列产品并批量生产的不多。由于目前没有混凝土管件制作方面的标准可依,制作时可参考有关灌溉用混凝土管国家或行业技术标准要求进行,制作的管件各项性能指标应不低于配套管材的技术要求。

混凝土管件的接口一般做成子母口型的母(承)口,其形状和尺寸可参考Ⅲ型混凝土管承口(图 5-7、表 5-16)。

第四节 金 属 管

一、钢管

在管道输水灌溉工程中,钢管常用于水泵的进出水管,阀门连接段等。钢管可分为焊接型钢管和无缝钢管。

1. 焊接型钢管

焊接型钢管是由卷成管形的钢板以对缝或螺旋缝焊接而成,根据制造条件,常分为低压流体输送用焊接钢管、螺旋缝电焊钢管、直缝卷焊钢管、电焊管等。

焊接钢管是输送低压流体的管道工程常用的一种小直径的管材,管材长度一般为 4~10 m,管件配套齐全、连接方便,其中普通管的工作压力为 1.0 MPa,规格尺寸见表 5-27。螺旋缝电焊钢管材管径尺寸较大,部分规格见表 5-28。

2. 无缝钢管

普通无缝钢管分为冷轧(拔)无缝钢管和热轧无缝钢管。在管道工程中,公称直径不小于 50 mm 时一般采用热轧无缝钢管;公称直径小于 50 mm 时一般采用冷轧(拔)无缝钢管。

表 5-27

低压流体输送用焊接、镀锌焊接钢管规格

公称直径		外 径		普 通 钢 管			加 厚 钢 管		
mm	in	外 径 (mm)	允许偏差	壁 厚		理论重量 (kg/m)	壁 厚		理论重量 (kg/m)
				公称尺寸 (mm)	允许偏差		公称尺寸 (mm)	允许偏差	
8	1/4	13.5	±0.5%	2.25	+12% -15%	0.62	2.75	+12% -15%	0.73
10	3/8	17.0		2.25		0.82	2.75		0.97
15	1/2	21.3		2.75		1.26	3.25		1.45
20	3/4	26.8		2.75		1.63	3.50		2.01
25	1	33.5		3.25		2.42	4.00		2.91
32	1.25	42.3		3.25		3.13	4.00		3.78
40	1.5	48.0		3.50		3.84	4.25		4.58
50	2	60.0	±1.0%	3.50	+12% -15%	4.88	4.50	+12% -15%	6.16
65	2.5	75.5		3.75		6.64	4.50		7.88
80	3	88.5		4.00		8.34	4.75		9.81
100	4	114.0		4.00		10.85	5.00		13.44
125	5	140.0		4.50		15.04	5.50		18.24
150	6	165.0		4.50		17.81	5.50		21.63

注 本表摘自 GB3092—82、GB3091—82。

表 5-28

螺旋缝自动埋弧焊接钢管直径与壁厚

公称直径 (mm)	200	225	250	300	350	400	500
外 径 (mm)	219	245	273	325	377	426	529
壁 厚 (mm)	6~9	6~9	6~9	6~9	6~11	6~13	6~13

注 本表摘自 SY500—80。

二、铸铁管

铸铁管比钢管耐锈蚀，比普通塑料管外刚度大，承压能力强，在输水灌溉工程中经常用于流量、压力较大，外刚度要求高的场合。铸铁管按其制造方法不同分为砂型离心铸铁直管和连续铸铁直管。砂型铸铁直管按材质分为灰口铸铁管、球墨铸铁管和高硅铸铁管。

1. 连续铸铁直管

连续铸铁直管即连续铸造的灰口铸铁管，按其壁厚不同分为 LA、A 和 B 三级，规格见表 5-29。

2. 砂型离心铸铁直管

砂型离心铸铁直管的材质为灰口铸铁，按其壁厚分为 P、G 两级。规格见表 5-30。

3. 球墨铸铁管

球墨铸铁管与灰口铸铁管相比有较高的强度，较好的耐磨性和韧性，因而可在水压较高的地方。球墨铸铁管的规格及性能见表 5-31。

表 5-29

连续铸铁直管壁厚、重量

公称直径 (mm)	外径 (mm)	壁 厚 (mm)			承口凸部 重 量 (kg)	直 部 (kg/m)				管 子 总 重 量 (kg/节)								
										有效长度 4000 mm				有效长度 5000 mm				有效长度 6000 mm
		LA级	A级	B级		LA级	A级	B级	LA级	A级	B级	LA级	A级	B级	LA级	A级	B级	LA级
75	93.0	9.0	9.0	9.0	6.66	17.1	17.1	17.1	75.1	75.1	75.1	92.2	92.2	92.2				
100	118.0	9.0	9.0	9.0	8.26	22.2	22.2	22.2	97.1	97.1	97.1	119	119	119				
150	169.0	9.0	9.2	10.0	11.43	32.6	33.3	36.0	142	145	155	174	178	191			211	227
200	220.0	9.2	10.1	11.0	15.6	43.9	43.0	52.0	194	208	224	235	256	276			304	328
250	271.0	10.0	11.0	12.0	23.06	59.2	64.8	70.5	260	282	305	319	347	376			412	446
300	322.8	10.8	11.9	13.0	28.30	76.2	83.7	91.1	331	363	393	409	447	484			531	575
350	374.0	11.7	12.8	14.0	34.01	95.9	104.6	114.6	418	452	490	514	557	604			662	718
400	425.6	12.5	13.8	15.0	42.31	116.8	128.5	139.7	510	556	600	626	685	739			813	878
450	476.8	13.3	14.7	16.0	50.49	139.4	153.4	166.8	608	665	718	747	819	884			973	1050
500	528.0	14.2	15.6	17.0	62.10	165.0	180.8	196.5	722	785	848	887	996	1040			1150	1240
600	630.8	15.8	17.4	19.0	83.53	219.3	241.4	262.9	963	1050	1140	1180	1290	1400			1530	1650
700	733.0	17.5	19.3	21.0	110.79	283.2	311.6	338.2	1240	1360	1460	1530	1670	1800			1980	2140
800	836.0	19.2	21.1	23.0	139.64	354.7	388.9	423.0	1560	1700	1830	1910	2080	2250			2470	2680
900	939.6	20.8	22.9	25.0	176.79	432.0	474.5	516.9	1900	2070	2240	2340	2550	2760			3020	3280
1000	1041	22.5	24.8	27.0	219.98	518.4	570.0	619.3	2290	2500	2700	2810	3070	3320			3640	3940
1100	1144	24.2	26.6	29.0	268.41	613.0	672.3	731.4	2720	2960	3190	3330	3630	3930			4300	4660
1200	1246	25.8	28.4	31.0	318.51	712.0	782.2	852.0	3170	3450	3730	3880	4230	4580			5010	5430

表 5-30

砂型离心铸铁直管的直径、壁厚、重量

公 称 直 径 (mm)	壁 厚 (mm)		内 径 (mm)		外 径 (mm)	总 重 量				承口凸 部重量	插口凸 部重量	直部重量 (kg/m)	
						有效长度 5000 mm		有效长度 6000 mm					
	P 级	G 级	P 级	G 级	D ₂	P 级	G 级	P 级	G 级	kg	kg	P 级	G 级
200	8.8	10.0	202.4	200	220.0	277.0	254.0			16.3	0.382	42.0	47.5
250	9.5	10.8	252.6	250	271.6	303.0	340.0			21.3	0.626	56.5	63.7
300	10.0	11.4	302.8	300	322.8	381.0	428.0	452.0	509.0	26.1	0.741	70.8	80.3
350	10.8	12.0	352.4	350	374.0			566.0	623.0	32.6	0.857	88.7	98.3
400	11.5	12.8	402.6	400	425.6			687.0	757.0	39.0	1.460	107.7	119.5
450	12.0	13.4	452.4	450	476.8			806.0	892.0	46.9	1.640	126.2	140.5
500	12.8	14.0	502.4	500	528.0			950.0	1030	52.7	1.810	149.2	162.8
600	14.2	15.6	602.4	599.6	630.8			1260	1370	68.8	2.160	198.0	217.1
700	15.5	17.1	702.0	692.8	733.0			1600	1750	86.0	2.510	251.6	276.9
800	16.8	18.5	802.0	799.0	838.0			1980	2160	109.0	2.860	311.3	342.1
900	18.2	20.0	902.6	899.0	939.0			2410	2630	136.0	3.210	379.1	415.7
1000	20.5	22.6	1000.0	955.8	1041.0			3020	3300	173.0	3.550	473.2	520.6

表 5-31

球墨铸铁承插直管规格及性能

公称直径 (mm)	壁 厚 (mm)	有效管长 (mm)	制造方法	技 术 性 能	直部每米重 (kg)	每根管总重 (kg)
500	8.5	6000	离心铸造	试验水压力: 3.0 MPa 抗拉强度: 300~500 MPa 延伸率: 2%~8% (经退火后可达5%以上)	99.2	650
600	10				139	905
700	11				178	1160
800	12				222	1440
900	13				270	1760
1000	14.5				334	2180
1200	17		连续铸造		469	3060

4. 排水铸铁管

排水铸铁管 (GB8716—88) 一般由灰口铁铸造, 为承插式, 多作为自流式排水管, 也可用于低压管道灌溉, 试验水压力一般不大于 0.1 MPa, 直径、壁厚、重量见表 5-32。

三、钢管及铸铁管的连接件

钢管可采用焊接、法兰连接和螺纹连接。一般公称直径小于 50 mm 者可采用螺纹连接, 有相应的连接管件可供选用; 对公称直径不小于 50 mm 者, 为了与水表、闸阀等管件连接可采用法兰连接。

铸铁管一般采用承插连接, 用橡胶圈密封止水 (柔性连接) 或用石棉水泥填塞接缝止水 (刚性连接)。分水、转弯、变径等均有相应管件可供选择。

表 5-32

排水直管的壁厚及重量

公称 口径	外径	壁厚	承口凸部 重 量 (kg)		插口 凸部 重量	直部 每米 重量	有 效 长 度 (mm)								总长度(mm)	
							500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	1830	
							总 重 量 (kg)									
mm	mm	mm	A 型	B 型	kg/m	kg	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型
50	59	4.5	1.13	1.18	0.05	5.55	3.96	4.01	6.73	6.78	9.51	9.56	12.88	12.33	10.89	11.03
75	85	5.0	1.62	1.70	0.07	9.05	6.22	6.30	10.74	10.82	15.27	15.35	19.79	19.87	17.62	17.70
100	110	5.0	2.33	2.45	0.14	11.88	8.41	8.53	14.35	14.47	20.29	20.41	26.23	26.35	23.32	23.44
125	136	5.5	3.02	3.16	0.17	16.24	11.31	11.45	19.43	19.57	27.55	27.69	35.67	35.81	31.61	31.75
150	161	5.5	3.99	4.19	0.20	19.35	13.87	14.07	23.54	23.74	33.22	33.42	42.89	43.09	37.96	38.16
200	212	6.0	6.10	6.40	0.26	27.96	20.34	20.64	34.32	34.62	48.30	48.60	62.28	62.58	54.87	55.17

第五节 软 质 管

在半固定式或移动式管道输水灌溉系统中,需要用移动管道。移动管道通常采用轻便柔软易于盘卷的软质管,也有采用薄壁铝管、薄壁钢管等轻便硬质管材的。本节仅介绍常用的软质管。

软管按其生产材料可分为薄膜塑料软管、涂塑软管、双壁加线塑料软管、涂胶软管、橡胶管、橡塑管等,管道灌溉系统中用的最多的是聚乙烯薄膜塑料软管和涂塑软管。

一、聚乙烯塑料软管

聚乙烯塑料软管也称聚乙烯薄膜塑料软管。在固定管道输水灌溉系统中应用的聚乙烯塑料软管主要是线性低密度聚乙烯塑料软管(LLDPE 塑料软管)。它是以 LLDPE 树脂为主体,加入适量的其他高分子材料经吹塑成型制造而成。LLDPE 塑料软管不仅用于地面移动输水灌溉,也作为地埋外护圬工管的防渗内衬材料。

LLDPE 塑料软管目前还没有统一的国家标准,水利部门会同有关塑料厂家,结合地面低压管道输水灌溉的特点研制开发出的 LLDPE 塑料软管的部分规格见表 5-33。

表 5-33

LLDPE 塑料软管的规格

折径 (mm)	直径 (mm)	壁 厚 (mm)		单位长度重量 (kg/m)		单位重量长度 (m/kg)		折径 (mm)	直径 (mm)	壁 厚 (mm)		单位长度重量 (kg/m)		单位重量长度 (m/kg)	
		轻型	重型	轻型	重型	轻型	重型			轻型	重型	轻型	重型	轻型	重型
80	51	0.20	0.30	0.029	0.044	34.0	22.0	240	153	0.40	0.50	0.176	0.220	5.7	4.5
100	64	0.25	0.35	0.046	0.064	21.0	25.6	280	178		0.50		0.258		3.9
120	76	0.30	0.40	0.066	0.088	15.0	11.4	300	191		0.50		0.276		3.6
140	89	0.30	0.40	0.077	0.105	13.0	9.5	320	204		0.50		0.293		3.4
160	102	0.30	0.45	0.088	0.118	11.4	8.5	400	255		0.60		0.412		2.4
180	115	0.35	0.45	0.116	0.149	8.6	6.7	500	318		0.70		1.280		0.8
200	127	0.35	0.45	0.128	0.165	7.8	6.1	600	382		0.70		0.420		0.7

注 表中壁厚供参考,不同厂家生产的同一折径的管材壁厚不尽一致。

表 5-34 涂塑软管的规格

内 径 (mm)		工 作 压 力				长 度 (m)
基本尺寸	极限偏差	(MPa)				
25	±1.0	0.8	0.6			200±0.20
40		0.8	0.6	0.4		
50		0.8	0.6	0.4	0.3	
65	±1.5	0.8	0.6	0.4	0.3	
75		0.8	0.6	0.4	0.3	
80		0.8	0.6	0.4	0.3	
90			0.6	0.4	0.3	
100	±2.0		0.6	0.4	0.3	
125				0.4	0.3	
150				0.4	0.3	

注 本表摘自 GB9476-86。

表 5-35 涂塑软管的耐压试验压力

工 作 压 力 (MPa)	0.3	0.4	0.6	0.8
耐压试验压力 (MPa)	0.9	1.5	1.8	2.5

力学性能指标一般要求：①拉伸强度（纵、横向）不小于 20 MPa。②断裂伸长率不小于 600%。③直角撕裂强度（纵、横向）不小于 10 MPa。④折边横拉强度不小于 20 MPa。

二、涂塑软管

涂塑软管是用锦纶纱、维纶纱或其他强度较高的材料织成管坯，内外壁或内壁涂敷聚氯乙烯（PVC）或其他塑料制成。根据管坯材料的不同，涂塑软管分为锦纶塑料软管、维纶塑料软管等种类。涂塑软管具有质地强、耐酸碱、抗腐蚀、管身柔软、使用寿命较长、管壁较厚等特点，使用寿命可达 3~4 年。管材规格见表 5-34，应用时，可根据设计工作压力从表中选择。选择时要求表面光滑平整，没有断线、抽筋、松筋、内外槽、脱胶、气孔和涂层夹杂杂质等缺陷。壁厚应均匀，其厚薄比不得超过 4:3。必要时还应根据表 5-35 耐压试验要求进行压力试验。

第六章 管道附属设施

第一节 给水装置

一、概述

1. 给水装置

给水装置是连接三通、立管、给水栓（出水口）的统称。通常所说的给水装置一般是指给水栓（或出水口）。出水口是指把地下管道系统的水引出地面进行灌溉的放水口，一般不能连接地面移动软管；给水栓是能与地面移动软管连接的出水口。给水装置有多种分类方法，本书按阀体结构形式分类进行介绍。

2. 选用给水装置的原则

- (1) 首先应选用经过专家鉴定并定型生产的给水装置。
- (2) 根据设计出水量和工作压力，选择的规格应在适宜流量范围内、局部水头损失小且密封压力满足系统设计要求的给水装置。
- (3) 在低压管道输水灌溉系统中，给水装置用量大、使用频率高、有时还需要长期置于田间，因此在选用时还要考虑耐锈蚀、操作灵活、运行管理方便等因素。
- (4) 根据是否与地面软管连接来选择给水栓或出水口；根据保护难易程度选择移动式、半固定式或固定式。

二、移动式给水装置

移动式给水装置也称分体移动式给水装置，由上、下栓体两大部分组成。其特点是密封部分在下栓体内，下栓体固定在地下管道的立管上并配有保护盖，出露在地表面或地下保护池内。系统运行时不需停机就能启闭给水栓、更换灌水点。上栓体可移动式使用，同一管道系统只需配 2~3 个上栓体，投资较省。上栓体的作用是控制给水、出水方向。

1. G1Y1、G1Y3—H/L 型平板阀移动式给水栓

图 6-1 所示的 G1Y1、G1Y3—H/L 型平板阀移动式给水栓由上、下栓体两大部分组成，另配有下栓体保护盖、专用扳手等。外形及连接尺寸和主要性能参数见表 6-1 和表 6-2。

主要特点：上下栓体、阀瓣组装采用快速旋紧锁口连接，并用同一密封胶垫止水，整体结构简单。密封胶垫断面为【形，内、外力相结合止水，操作杆与上栓壳间利用填料止水，密封性好，整体密封压力高。水头损失小，局部阻力系数为 1.52~2.02。下栓体材料为铸铁，并配有保护盖，耐锈蚀，牢固耐用，易保护。上栓体材料为铸铝，重量轻，移动使用方便，可多向给水，一般一个系统配 2~3 个上栓体，投资省。易损件少，运行费用低。G1Y3—H/LⅢ型和Ⅳ型上栓体出水口为快速接头式，连接地面软管更加方便。G1Y1、G1Y3 型系列给水栓不仅适宜于平原井灌区，而且适宜于引黄、水库自流和扬水站等灌区。

2. G2Y1—G 型平板阀移动式给水栓

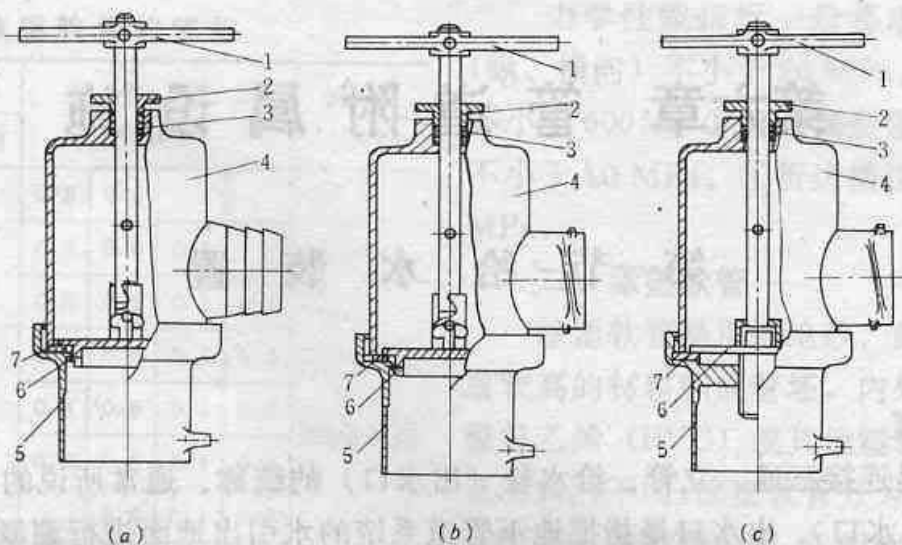


图 6-1 G1Y1、G1Y3-H/L 型平板阀移动式给水栓

(a) G1Y1-H/L I 型; (b) G1Y3-H/L II 型; (c) G1Y3-H/LN 型

1—阀杆; 2—填料压盖; 3—填料; 4—上栓壳; 5—下栓壳; 6—阀瓣; 7—密封胶垫

表 6-1

G1Y1、G1Y3-H/L 型平板阀移动式给水栓主要外形及连接尺寸

型 号	公称压力 (MPa)	公称直径 (mm)	尺 寸 (mm)							重 量(kg)		备 注
			D	d	H	h_1	h_2	δ_1	δ_2	上栓体	下栓体	
G1Y1-H/L I	0.25 0.4	75	75	50.63	345	150	95	4	5	1.8	3.75	D 为下栓体进水口内径, d 为上栓体出水口快速接头外径, H 为上、下栓体连接后关闭时的总高度, h_1 为上栓体的高度, h_2 为下栓体的高度, δ_1 为上栓体最小壁厚, δ_2 为下栓体最小壁厚
		90	90	63.75	370	165	105	4	5	2.2	5.0	
		110	110	75	405	185	120	4	5	2.75	6.0	
		125	125	75	420	200	120	4	5	3.15	7.25	
		160	160	90, 110	475	225	150	4	5	6.0	10.2	
G1Y3-H/L II	0.25 0.4	75	75	50.63	345	150	95	4	5	1.9	3.75	
		90	90	63.75	370	165	105	4	5	2.25	5.0	
		110	110	63.75	405	185	120	4	5	2.85	6.0	
		125	125	75.90	420	200	120	4	5	3.3	7.25	
		160	160	90	475	225	150	4	5	6.8	10.2	
G1Y3-H/LN	0.6, 1.0	75	75	50.63	330	130	100	4	5	1.9	4.5	

如图 6-2 所示, G2Y1-G 型给水栓由上、下栓体两大部分组成, 上、下栓体用钢管或钢板卷焊而成, 阀瓣用铸铁, 下栓体配有铸铁保护盖和专用扳手。主要性能参数见表 6-3。

该型给水栓结构简单, 造价低, 操作灵活; 外力止水, 密封性能好; 水头损失小; 上栓体可多向给水, 移动式使用。为节省投资, 一个系统一般配 2~3 个上栓体; 但上栓体较重, 移动使用不太方便。

3. G1Y5-S 型球阀移动式给水栓

G1Y5-S 型球阀移动式给水栓分为图 6-3 所示的 A 型和 B 型。A 型给水栓由 ABS 工程塑料制成, B 型给水栓由 PVC 塑料制成。上、下栓体采用组装形式, 结构合理, 连接方便, 集给水、进排气于一体, 可一阀多用; 具有重量轻, 造价低, 上栓体移动使用方便的特点; 可进

表 6-2

G1Y1、G1Y3—H/L 型平板阀移动式给水栓主要性能参数

型 号		G1Y1—H/L I		G1Y3—H/L II		G1Y3—H/L N	
公称直径 (mm)		75, 90, 110, 125, 160				75	
公称压力 (MPa)		0.25, 0.4				0.6, 1.0	
密封压力 (MPa)	下 体	0.25	0.4	0.25	0.4	0.6	1.0
	上 体	0.1	0.25	0.1	0.25	0.25	0.25
工作压力 (MPa)	下 体	≤0.25	≤0.4	≤0.25	≤0.4	≤0.6	≤1.0
	上 体	≤0.1	≤0.25	≤0.1	≤0.25	≤0.25	≤0.25
适用温度 (℃)		-25~60					
局部阻力系数ξ		1.52~2.02		1.52~2.02		5.76	

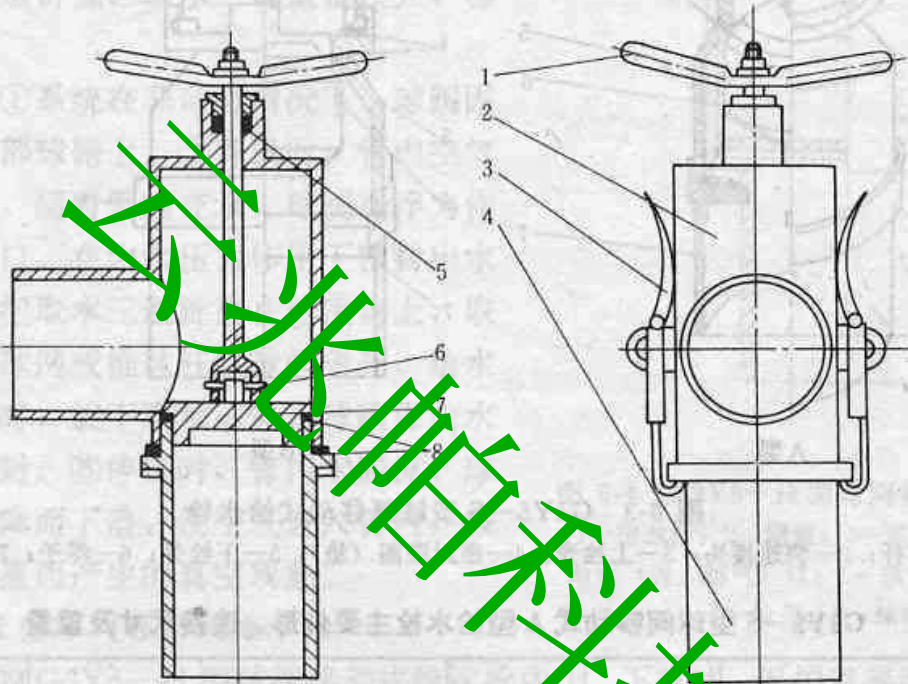


图 6-2 G2Y1—G 型平板阀移动式给水栓

1—阀杆；2—上栓壳；3—连接装置；4—下栓壳；5—填料；6—销钉；7—阀瓣；8—密封胶垫

表 6-3

G2Y1—G 型给水栓主要性能参数

规 格	尺 寸 (mm)		适宜流量 (m³/h)	重 量 (kg)		配套软管折径 (mm)	局部阻力系数 ξ
	进 口	出 口		上 栓 体	下 栓 体		
φ80	80	80	25~40	4.0	3.0	120	1.50~2.00
φ100	100	100	30~50	5.5	4.5	180	
φ150	150	150	80~100	10.0	5.0		

行工厂化生产，产品质量稳定可靠，外形美观，便于推广应用。但是耐老化性能较差。

此外，A 型给水栓还具有良好的低温抗冲击性，表面硬度及耐磨性好的优点。止水阀采用塑料浮子式，密封性好，最小密封压力为 5 kPa，工作压力为 0.20 MPa；水力性能好，局部阻力系数为 1.23；整套给水栓重 876 g；下栓体与地下管道采用承插式连接，既可安装在地面以下，又可安装在地面以上。A 型给水栓的主要外形和连接尺寸见表 6-4。

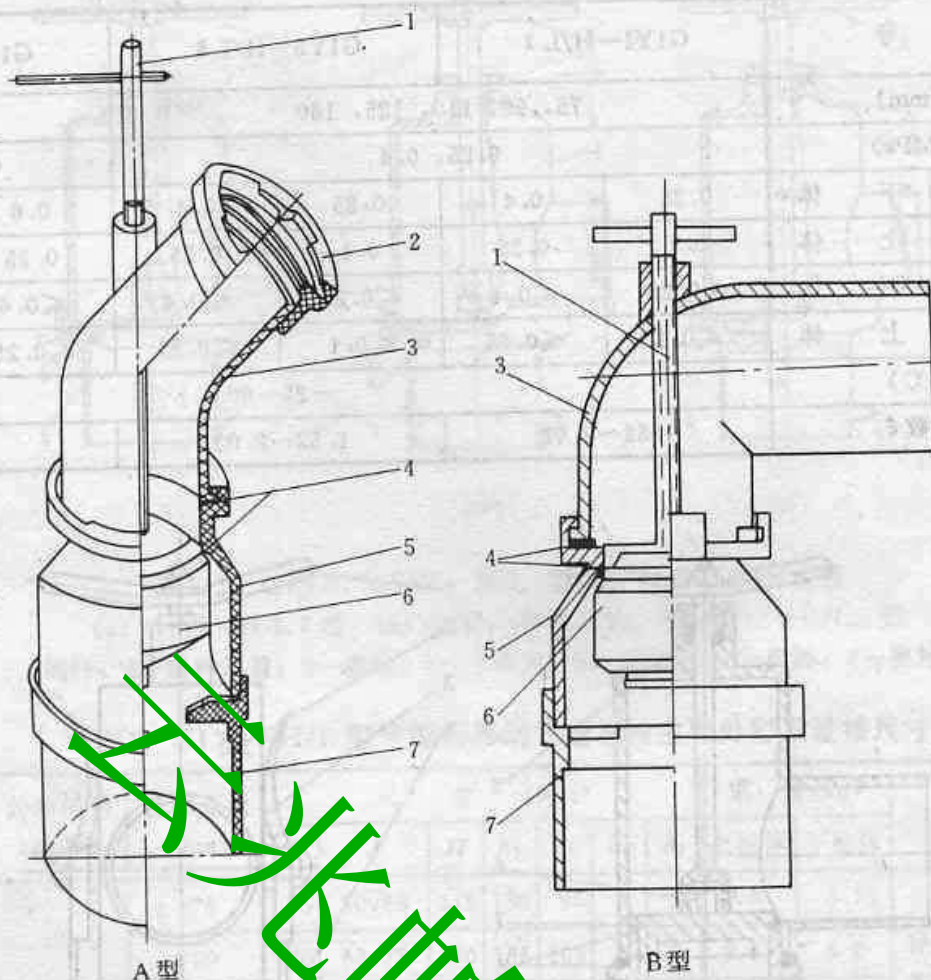


图 6-3 G1Y5-S 型球阀移动式给水栓

1—操作杆；2—快速接头；3—上栓壳；4—密封胶圈（垫）；5—下栓壳；6—浮子；7—连接管

表 6-4 G1Y5-S 型球阀移动式 A 型给水栓主要外形、连接尺寸及重量

名 称		单 位	参 数	名 称		单 位	参 数
快速接头	径向最大尺寸	mm	110	下栓壳	下口内、外径	mm	110、120
	重 量	g	88		上口断面积	cm ²	43.0
上栓壳 操作杆	半径（中线）	mm	55		腔内最小过水面积	cm ²	43.8
	轴向最大尺寸	mm	177		径向最大尺寸	mm	120.0
	操作杆长度	mm	300		轴向最大尺寸	mm	125.0
	操作杆直径	mm	12		重 量	g	264.0
	重 量	g	224	连接管	下端口内径	mm	110
浮 子	最大、最小外径	mm	80、68		下端口外径	mm	118
	密封直径	mm	78.9		浮子定向棱断面积	cm ²	3
	轴向最大尺寸	mm	80.0		最小过水断面积	cm ²	92
	最小壁厚	mm	3.0		径向最大尺寸	mm	130
	体 积	cm ³	314.2		轴向最大尺寸	mm	110
	重 量	g	100		重 量	g	200

4. G2Y5—H 型球阀移动式给水栓

G2Y5—H 型球阀移动式给水栓由取水三通和栓体两大部分组成（见图 6-4）。已定型生产的有进水口外径 110 mm、取水三通出水口外径 72 mm 一种规格。其特点是：集进气、排气、给水于一体，一栓多用；利用内水压力止水，密封性好；取水三通可单、双向放水，出水方向可任意调整，也可地面软管，单口适宜出流量为 $17 \sim 26 \text{ m}^3/\text{h}$ ；取水三通移动式使用，每个系统只需配备 2~3 个即可，投资省；整体结构简单，加工制作方便，易工厂化生产，造价低；取水三通重量较大，移动使用不便。

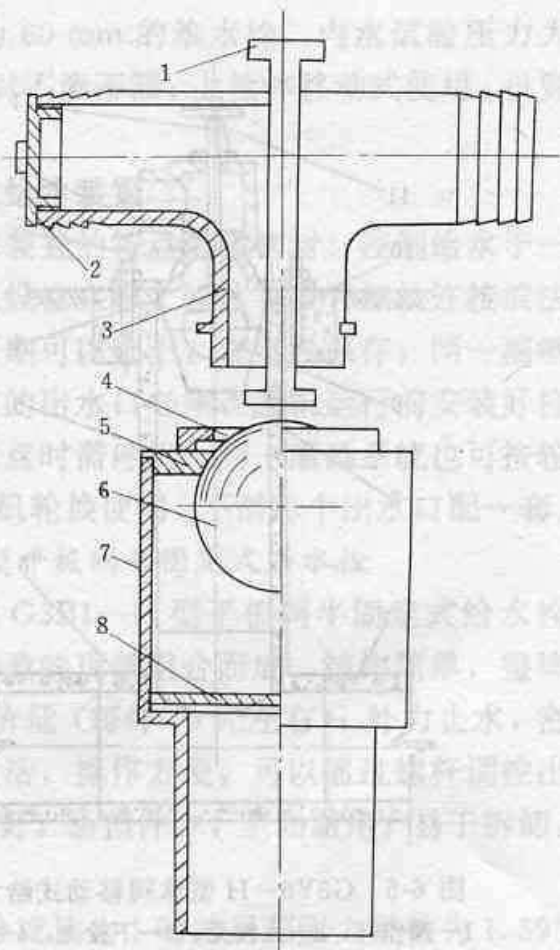


图 6-4 G2Y5—H 型球阀移动式给水栓
1—推球杆；2—堵盖；3—取水三通；4—取水（进、排气）口；5—顶盖；6—球阀；7—栓壳；8—球栅

工作原理：①系统在非运行情况下，球阀因自重落在栓腔底部球栅上。②开机时，管内空气由进排气口排出，随着管内充水，球阀在浮力作用下升至进排气口，在内水压力作用下密封出水口。③灌水时，把取水三通旋接在栓顶盖上，取水三通下部的推球网或推球杆将球阀顶开，给水栓开启。④停水时，旋下取水三通，球阀靠内水压力将出水口密封。⑤停机时，管内水回流，球阀随管内水面下降而下落，使空气进入管内，破坏了因管道水回流而产生的真空现象。

5. G3Y5—H 型球阀移动式给水栓

图 6-5 所示的 G3Y5—H 型球阀移动式给水栓由上、下栓体、保护盖等组成。这种给水栓整体结构比较简单，耐锈蚀；出水方向可任意调整，使用方便；上栓体移动式使用，投资较低；地下部分需现场浇筑，施工周期较长。多用于预制混凝土管道或现场浇筑混凝土管道系统。主要性能参数见表 6-5。

表 6-5 G3Y5—H 型球阀移动式
给水栓主要性能参数

重量 (kg)		进出口尺寸 (mm)		适宜流量 (m^3/h)	局部阻力 系数 ξ
上体	下体	进 口	出 口		
10.0	13.0	200	100	30~60	1.53

6. G2Y5—S/H 型球阀移动式给水栓

G2Y5—S/H 型球阀移动式给水栓由 PVC 出水弯头、铸铁联接管和混凝土球室等组成。结构形式见图 6-6，主要性能参数见表 6-6。

(1) 主要特点。具有自动进（排）气、自动关闭、给水、超压保护等多种功能；整体结构简单，制作容易，造价较低；内力止水，密封性好；适宜流量范围大；出水弯头重量轻，移动使用方便；耐老化性差。

(2) 功能与工作原理。①排气。管道充水前，球阀因自重落在球室底栅上；管道充水时，随着管内水的逐渐增加，管道内的空气从出水口排出；球室内空气排完后，球随水面上升自动浮至密封口环，并在内水压力的作用下密封出水口。②给水。灌水时，将出水弯

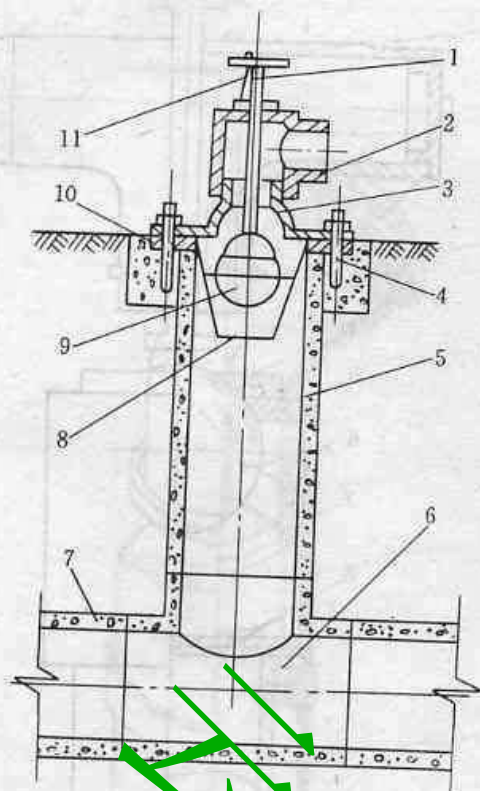


图 6-5 G3Y5—H 型球阀移动式给水栓
1—操作杆；2—上栓壳；3—下栓壳；4—预埋螺栓；5—立管；6—三通；7—地下管道；8—球篮；9—球阀；10—底盘；11—固定挂钩

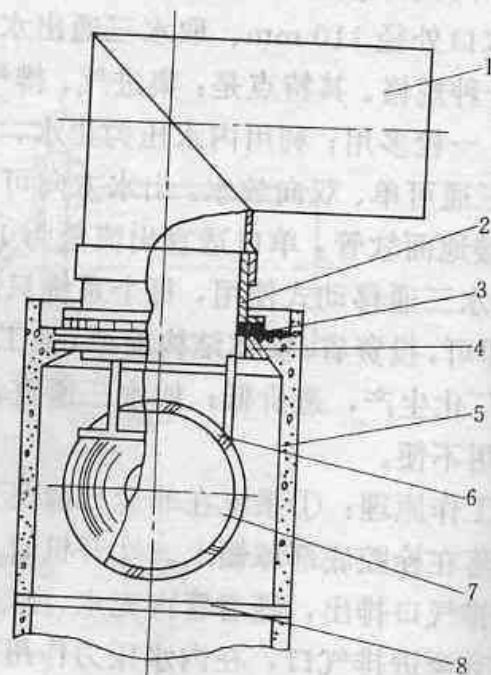


图 6-6 G2Y5—S/H 型球阀移动式给水栓
1—出水弯头；2—联接管；3—密封胶垫；4—密封口环；5—球室；6—推球支架；7—球阀；8—拦球栅

表 6-6

G2Y5—S/H 型球阀移动式给水栓主要性能参数

公称直径 (mm)	出水弯头内径 (mm)	球室内径 (mm)	球阀充气后的外径 (mm)	流量 (m ³ /h)	备 注
75	75	130	100	10~30	160 给水栓局部阻力系数为 3.47, 最小密封压力为 2~3 kPa, 球阀弹出压力为 68~73 kPa
100	100	165	125	30~60	
125	125	210	160	60~80	
160	160	260	185	80~100	

头插入密封口环内旋紧，球被推球架推离密封口环，地下管道中的水经出水弯头流出。③进气。停机时，球随着管道内水的回流而脱离密封口环，使空气进入管道内破坏管内真空。④超压保护。球阀由橡胶材料制成，其体积随充气压力在一定范围内变化。利用橡胶的这一特性，根据管道系统的最大允许工作压力，确定球阀在管内水压力作用下从密封口环内弹出时的充气压力。当管道内的水压超过系统最大允许工作压力时，球从位置较低的未安出水弯头的出水口密封口环内弹出，管内水排出，管道压力降低，起到保护管道作用。但超压保护有滞后现象，并受橡胶球阀充气压力和老化程度影响较大。

7. G2Y2—H 型平板阀移动式给水栓

图 6-7 所示的 G2Y2—H 型平板阀移动式给水栓由铸铁上栓体、插座、立管组成。结构简单，易于制作、操作方便；利用橡胶活舌内力止水，插入上栓体即可出水，拔出上栓体

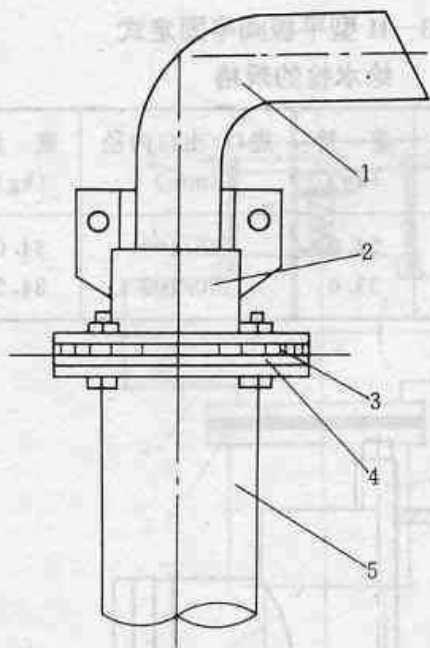


图 6-7 G2Y2—H 型系列平板阀
移动式给水栓

1—上栓体；2—插座；3—密封
胶垫；4—橡胶活舌；5—立管

即可止水；直径为 60 mm 的给水栓，内水试验压力为 0.01~0.15 MPa 时不渗不漏；上栓体移动式使用，投资省，但重量较大。

三、半固定式给水装置

半固定式给水装置的特点是集密封、控制给水于一体，有时密封面也设在立管上栓体与立管螺纹连接或法兰连接处，非灌溉期可以卸下，在室内保存；同一灌溉系统计划同时工作的出水口必须在开机运行前安装好栓体，否则更换灌水点时需停机；同一灌溉系统也可按轮灌组配备，通过停机轮换使用，不需每个出水口配一套。

1. G3B1—H 型平板阀半固定式给水栓

图 6-8 所示的 G3B1—H 型平板阀半固定式给水栓由栓壳和用灰铁铸造的顶盖组合而成。结构简单，整体性好，重量轻，造价低（每件 40 元左右）；外力止水，密封效果好；启闭灵活，操作方便，可以通过螺杆调控出水流量；水力性能好；易损件少，坚固耐用；易于拆卸，维修方便。

进出口内径为 53 mm 的给水栓，阀门开启最大，分流比为 1 时的局部阻力系数为 1.595（含立管三通），适宜流量为 10~20 m³/h。

2. G2B1—H (G) 型平板阀半固定式给水栓

G2B1—H (G) 型平板阀半固定式给水栓由上下栓体两大部分组成，A 型材料用铸铁，B 型材料用钢管或铸铁（图 6-9）。结构简单，制作方便，造价低；外力止水，密封压力高；操作杆与阀瓣利用活动接头连接，启闭时阀瓣只做上下运动而不磨损胶垫。A 型给水栓，出水口直径为 50~160 mm 的局部阻力系数为 1.0~1.8。B 型给水栓，操作杆采用梯形螺纹，启闭速度快。进、出口外径为 110 mm、87 mm 的给水栓单口适宜流量为 36~48 m³/h。

3. G2B3—H 型平板阀半固定式给水栓

G2B3—H 型平板阀半固定式给水栓结构形式见图 6-10，其铸铁法兰立管上部扩口与栓壳连接，栓壳内有阀瓣和阀杆相连。结构比较复杂、笨重，移动使用不方便；双向出水，局部水头损失小；坚固耐用，使用寿命长；启闭灵活，利用弹力和内水压力止水，密封性能好。规格和重量见表 6-7。

4. C2B7—H 型丝堵半固定式出水口

图 6-11 所示的 C2B7—H 型丝堵半固定式出水口结构简单，安装制作方便，造价较低，适

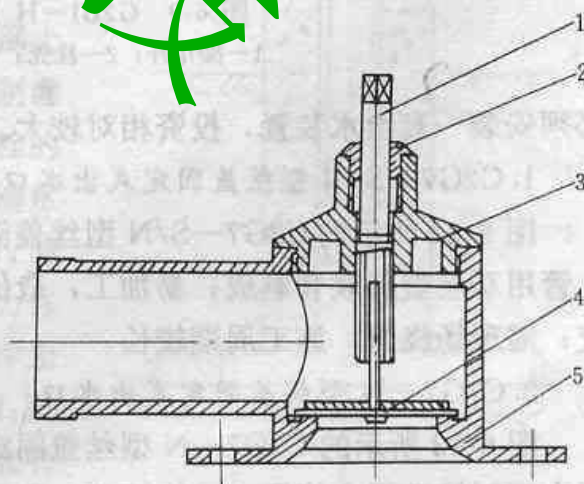


图 6-8 G3B1—H 型平板阀半固定式给水栓

1—螺杆；2—填料压盖；3—顶盖；
4—阀瓣；5—栓壳

用于压力、流量较小的灌溉系统；公称直径大的出水口弯头重量较大，不便于移动。

表 6-7 G2B3—H 型平板阀半固定式
给水栓的规格

进口/出口内径 (mm)	重 量 (kg)	进口/出口内径 (mm)	重 量 (kg)
100/75	22.0	125/100	34.0
100/100	33.0	150/100	34.5

四、固定式给水装置

固定式给水装置亦称整体固定式给水装置，特点是集密封、控制给水于一体；栓体一般通过立管与地下管道系统牢固地结合在一起，不能拆卸；同一系统的每一个取水口

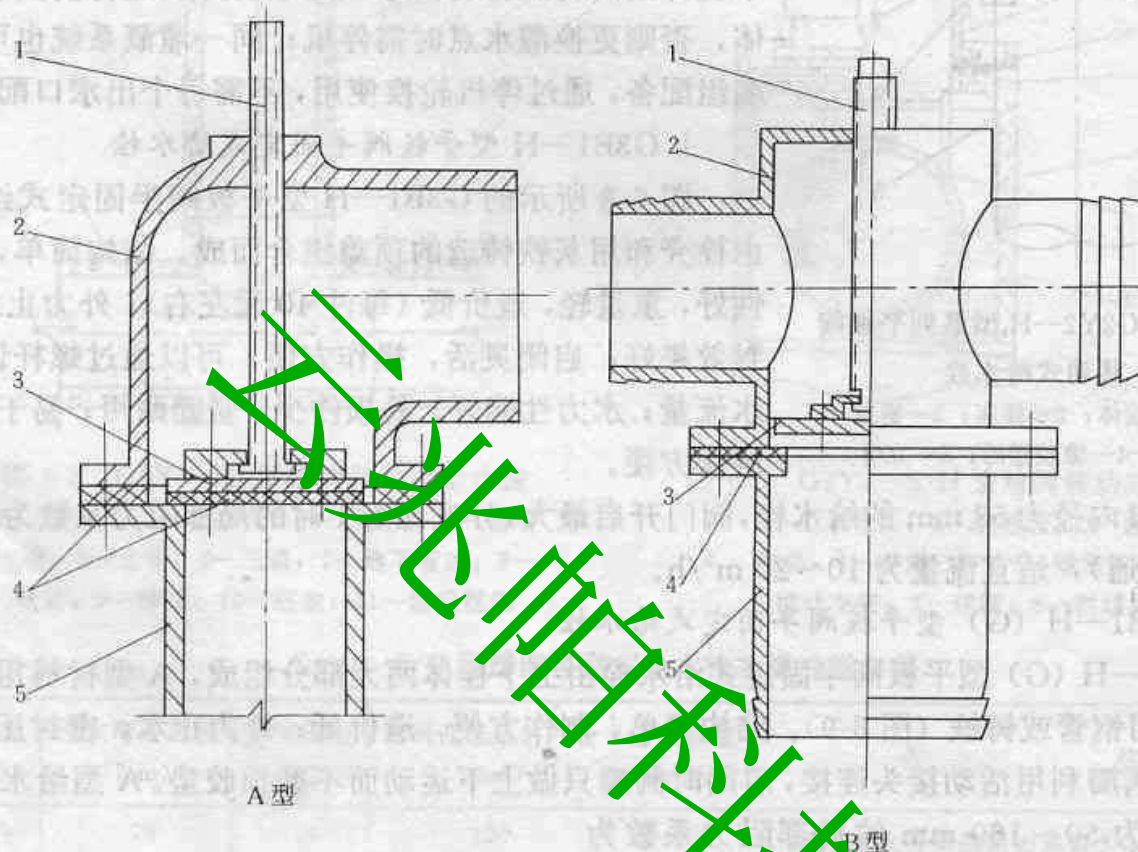


图 6-9 G2B1—H (G) 型平板阀半固定式给水栓
1—操作杆；2—栓壳；3—阀瓣；4—密封胶垫；5—法兰管

必须安装一套给水装置，投资相对较大。

1. C2G7—S/N 型丝盖固定式出水口

图 6-12 所示的 C2G7—S/N 型丝盖固定式出水口结构简单，取材方便，放水管用铸铁，立管用双层塑料软管制成；易加工，造价低；便于保护；适宜于压力、流量较小的灌溉系统；需现场浇筑，施工周期较长。

2. C7G7—N 型丝盖固定式出水口

图 6-13 所示的 C7G7—N 型丝盖固定式出水口有内丝盖和外丝盖两种形式。主要与混凝土预制管道配合使用，结构简单，取材方便，制作容易，造价低；适宜于压力、流量较小的灌溉系统，可接软管； $\phi 100$ mm 出水口的局部阻力系数为 0.40；重量较大，移动运输不方便。

3. G2G1—S 型平板阀固定式给水栓

转落地，给水栓设在 40 cm 的地下，灌溉时再挖填土方，工作量大，操作使用很不方便。其主要性能参数见表 6-3。

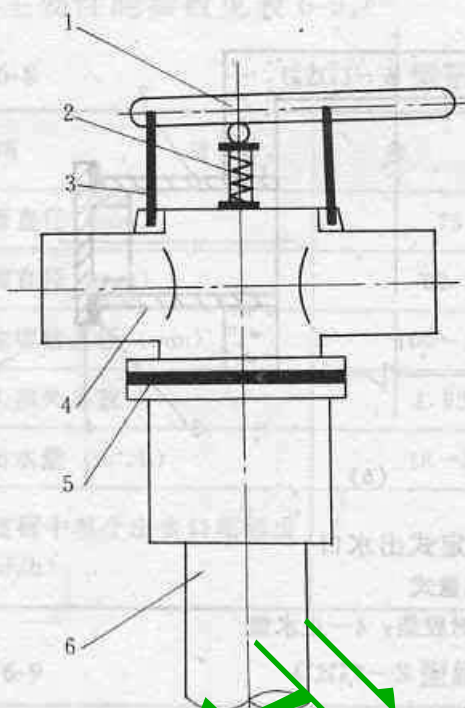


图 6-10 G2B3—H 型平板阀半固定式给水栓

1—操作杆；2—弹簧；3—固定挂钩；
4—栓壳；5—密封胶垫；6—法兰立管

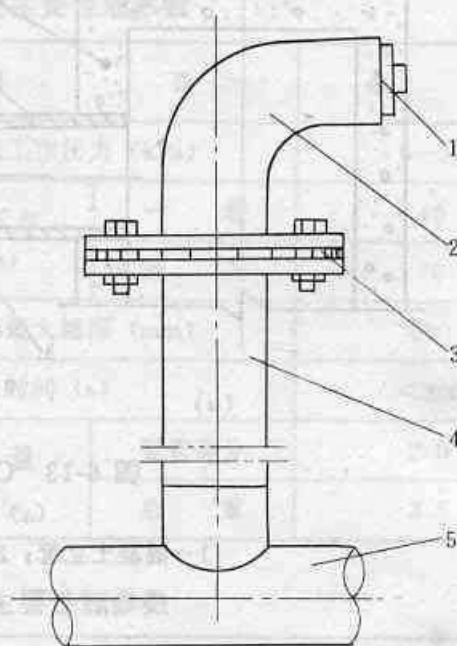


图 6-11 C2B7—H 型丝堵半固定式出水口

1—丝堵；2—弯头；3—密封胶垫；
4—法兰立管；5—地下管道

结构形式见图 6-14。法兰盘外套管与立管承插连接，升降管在外套管内上下滑动，并由法兰处的双层橡胶圈止水。给水栓的外套管可以自由转动，灌水方向可任意调节；非灌溉季节给水栓处在地面以下，减轻了人为和自然等因素的损坏。适用于一般旱作物井灌区。主要性能参数见表 6-8。

工作原理及过程：①工作原理。利用内水压力克服升降管的自重、套管间的摩擦力以及冲土帽上部土体的阻力，推动升降管从地下升起地面，人工控制灌水。②工作过程。非灌溉季节，自动升降式给水栓的升降管在地面以下 30 cm 处；灌水时，开动水泵输水后，外套管与升降管之间有一定的水量渗出，浸润、冲蚀周围土壤，减轻了升降管的上升阻力，在水压力作用下，升降管克服自重、套管之间的摩擦力以及冲土帽上部土体的阻力，从地面以下 30 cm 处升起地面；此时，升降管底部的密封胶圈因内水压力而封闭，套管与升降管间渗水停止；人工接上出水嘴，打开阀门，即可供水；停水时，关闭阀门，取下出水嘴；停机时，管道水倒流产生一定负压，升降立管借助自重及负压回落到地面以下，如未降落到地下 30 cm 处，可人工

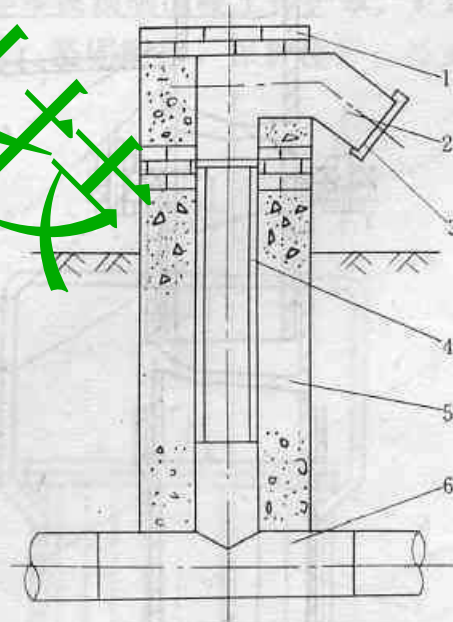


图 6-12 C2G7—S/N 型丝盖
固定式出水口

1—砌砖；2—放水管；3—丝盖；
4—立管；5—混凝土固定墩；
6—硬 PVC 三通

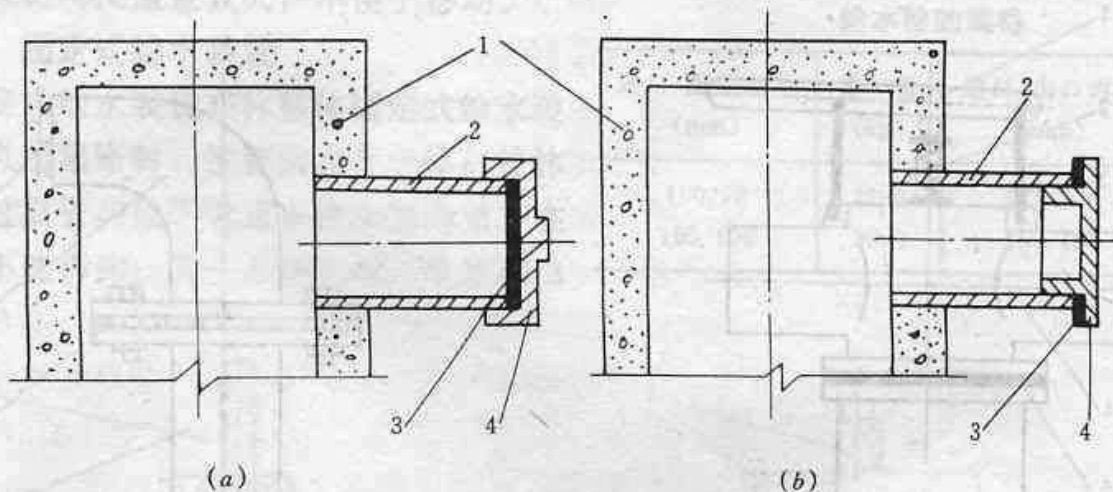


图 6-13 C7G7—N 型丝盖固定式出水口

(a) 外丝盖式; (b) 内丝盖式

1—混凝土立管; 2—出水横管; 3—密封胶垫; 4—止水盖

推下。

4. C2G7—S 型丝盖固定式出水口

结构形式见图 6-15, 其材料主要为 PVC 塑料。主要特点是不影响机耕, 易于保护, 不锈蚀; 结构简单, 易于装卸, 造价低; 密封性能好, 局部水头损失小; 可以 360° 方向任意旋

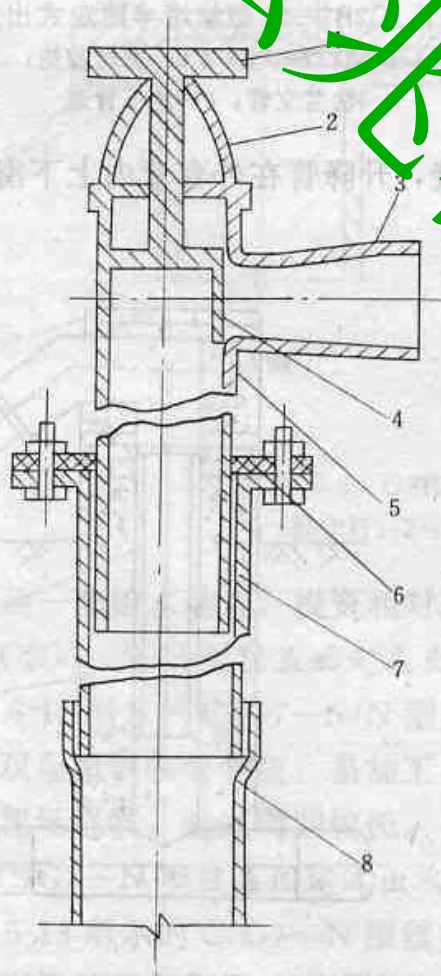


图 6-14 G2G1—S 型平板阀固定式给水栓

1—开关手轮; 2—冲土帽; 3—出水嘴; 4—阀门; 5—升降管; 6—双层橡胶圈; 7—外套管; 8—立管

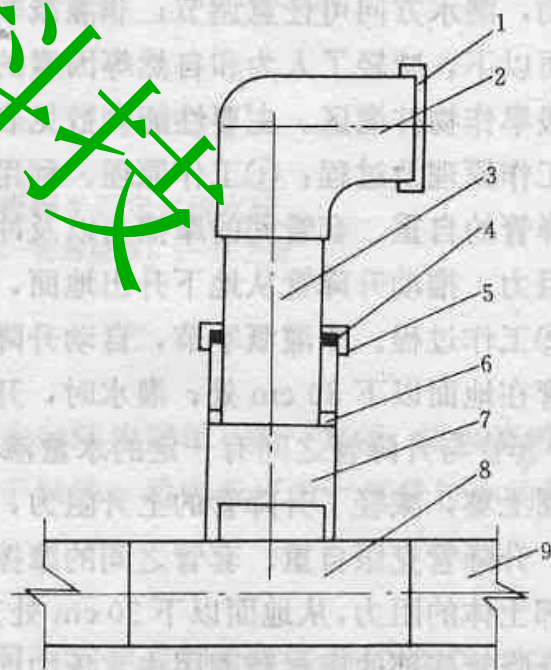


图 6-15 C2G7—S 型丝盖固定式出水口

1—出水口盖; 2—出水弯头; 3—升降立管; 4—密封胶圈; 5—管箍; 6—限止环; 7—固定套管; 8—连接三通; 9—地下管道

转浇地；给水栓埋设在 40 cm 的地下，灌溉时需挖填土方，工作量较大，操作使用不很方便。其主要性能参数见表 6-9。

表 6-8 G2G1—S 型平板阀固定式给水栓主要性能参数

项 目	参 数	项 目	参 数
升降管直径 (mm)	75	灌溉工作压力 (kPa)	6~15
出水嘴直径 (mm)	62.5	顶出压力 (kPa)	一 般 40
配套地埋管直径 (mm)	100~125		最 大 70
总水头损失系数	1.938	顶部最大埋深 (mm)	300
单口出水量 (m³/h)	18~30	顶出时间 (s)	<300
顶出过程中单个出水口底部出水量 (m³/h)	<2.0	重 量 (kg)	竖管部分 2.0
			总 重 3.5

表 6-9 C2G7—S 型丝盖固定式出水口主要性能参数

项 目	参 数	项 目	参 数	项 目	参 数
升起后总高度 (cm)	120	出水口直径 (mm)	90~110	人工提升力 (Pa)	≤50
降下后总高度 (cm)	80	单口出水量 (m³/h)	20~40	工作行程 (mm)	400
配套地埋管直径 (mm)	90~160	灌溉工作压力 (kPa)	6~40	顶部最大埋深 (mm)	400

5. C2G1—G 型平板阀固定式出水口
结构形式如图 6-16 所示。为便于保护，出水口的外部常设预制混凝土保护罩。主要特点是结构简单，易于加工制作，安装、操作方便，造价低；坚固耐用，保护好；外力止

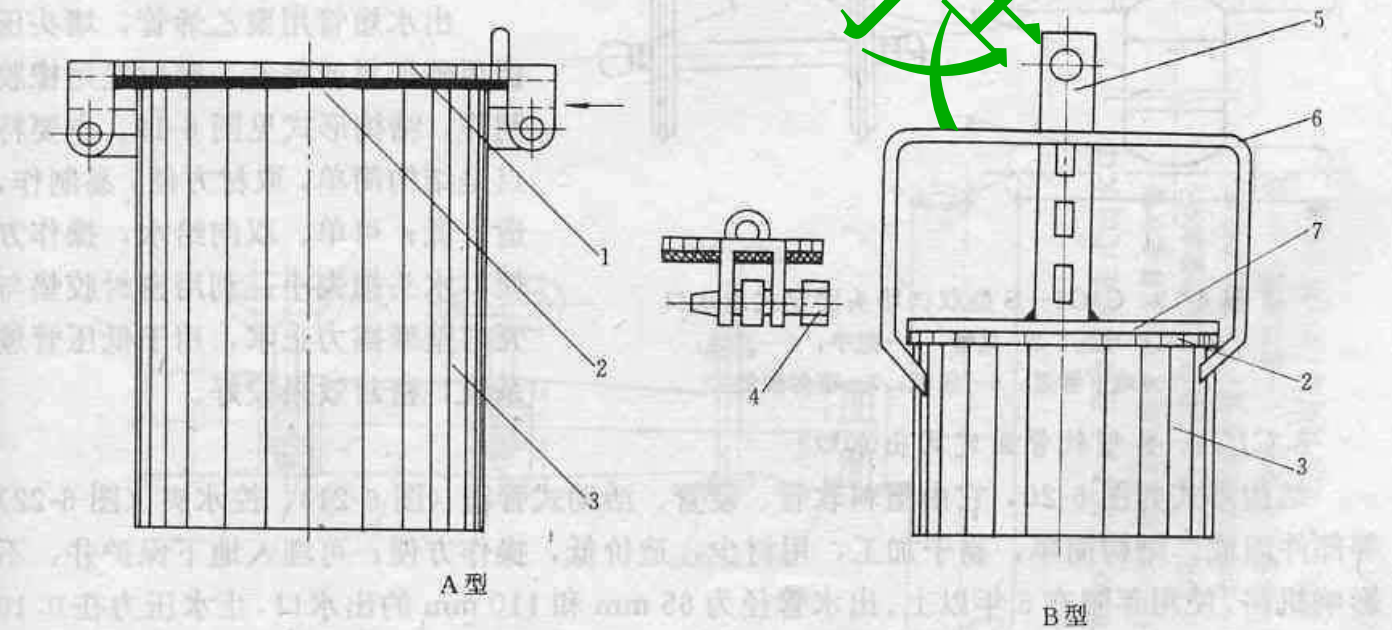


图 6-16 C2G1—G 型平板阀固定式出水口
1—顶盖；2—密封胶垫；3—外壳；4—销钉；5—操作杆；6—支撑框架；7—阀瓣

水，适宜于出水压力较小的管道系统。

6. G2G1—G 型平板阀固定式给水栓

图 6-17 所示的 G2G1—G 型平板阀固定式给水栓结构简单，制作容易，操作方便；集节制阀、三通、给水多功能于一体；安装在梯田地堰下（见图 6-18），利用上下密封面可单独出水灌溉或单独向下游供水，也可在出水的同时向下游管道输配水。

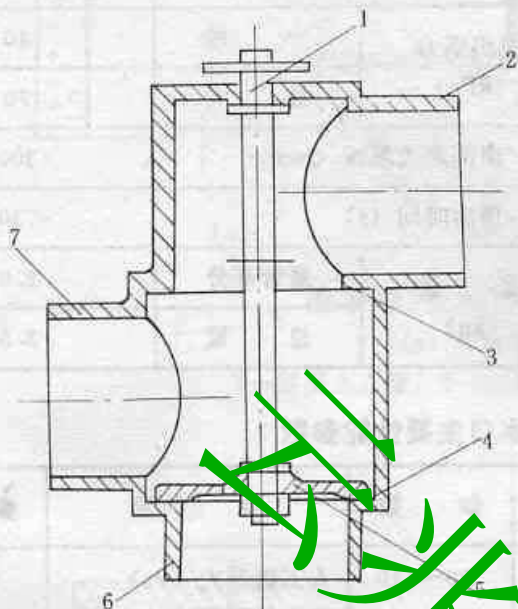


图 6-17 G2G1—G 型平板阀固定式给水栓

1—操作杆；2—出水口；3—上密封面；
4—下密封面；5—阀瓣；6—下游管道
进水口；7—上游管道进水口

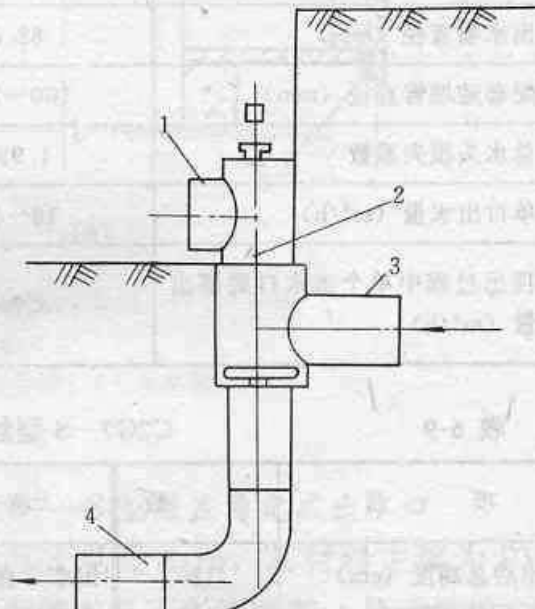


图 6-18 G2G1—G 型平板阀固定式
给水栓安装示意图

1—出水口；2—阀杆；3—进水口
(接上游管道)；4—接下游的管道

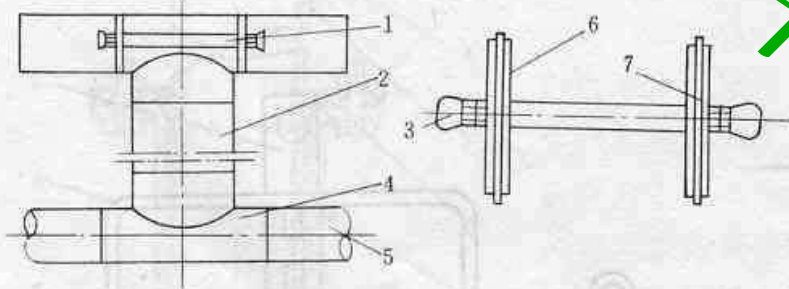


图 6-19 C1G1—S 型双向堵头固定式出水口

1—双向堵头；2—立管；3—把手；4—三通；
5—地下管道；6—压板；7—密封胶垫

7. C1G1—S 型双向堵头固定式出水口

出水短管用聚乙烯管，堵头压板用硬塑料或铸铁，密封垫用橡胶制作。结构形式见图 6-19。主要特点是结构简单，取材方便，易制作，造价低；可单、双向给水，操作方便；水头损失小；利用密封胶垫与壳内壁摩擦力止水，用于低压管道系统，密封效果较好。

8. C1G1—S 型软管固定式出水口

结构形式如图 6-20，它由塑料软管、硬管、活动式管箍（图 6-21）、控水夹（图 6-22）等部件组成。结构简单，易于加工，用材少，造价低，操作方便；可埋入地下保护井，不影响机耕，使用年限在 5 年以上。出水管径为 65 mm 和 110 mm 的出水口，止水压力在 0.10 ~ 0.30 MPa 之间。

表 6-10 列出了各种给水装置的主要性能参数和特点。

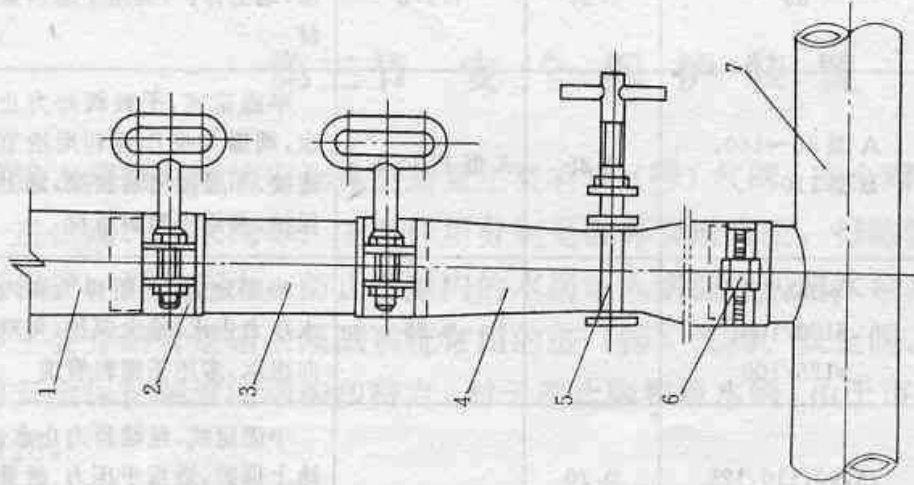


图 6-20 C1G1—S 型软管固定式出水口

(1~3 为软管出流装置与地面移动软管连接部分, 4~7 为软管出流装置部分)
1—地面移动塑料软管; 2—锦塑软管; 5—控水夹; 6—固定式管箍; 7—输水管道

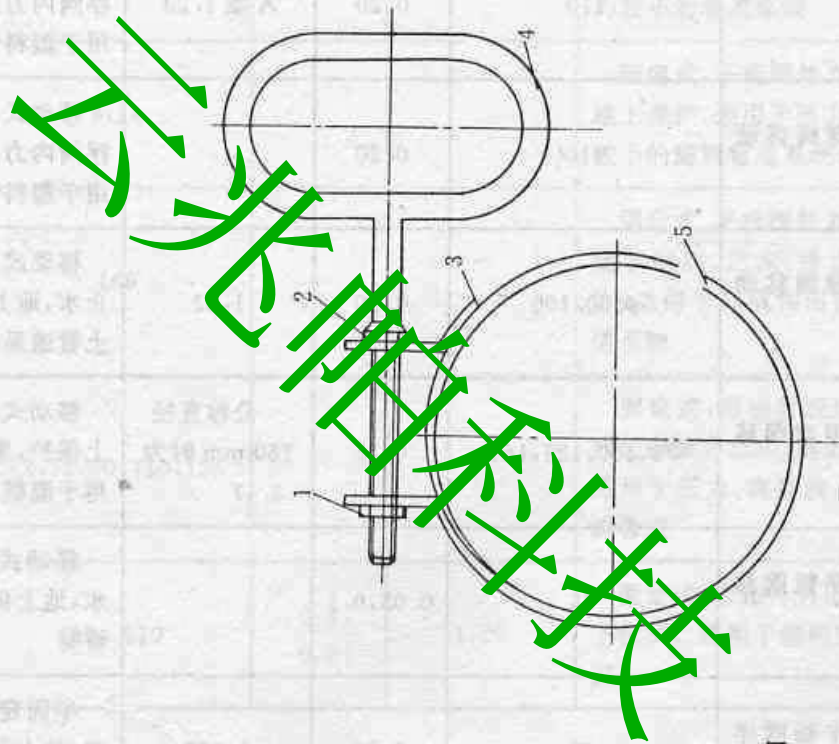


图 6-21 活动式管箍

1, 2—固定螺母; 3—支架; 4—紧固手柄; 5—框圈

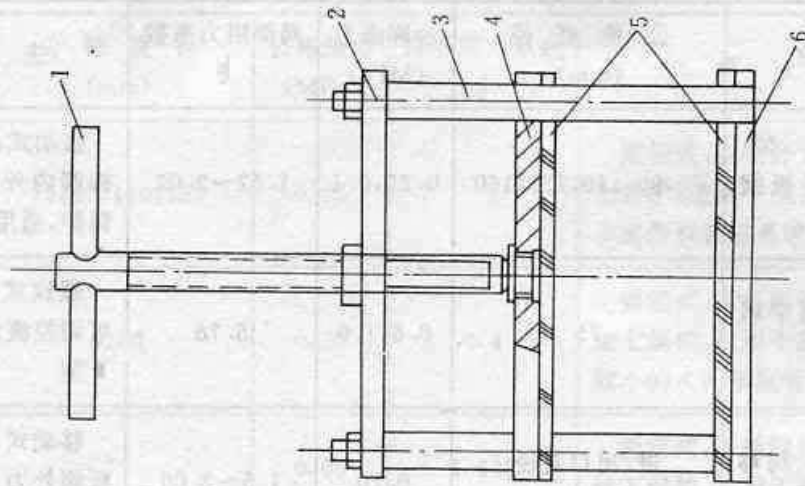


图 6-22 控水夹

1—手柄; 2—支架板; 3—支柱; 4—活动压板; 5—橡胶垫; 6—固定压板

表 6-10

给水装置的主要性能参数及特点

型 号 名 称	公 称 直 径 (mm)	公称压力 (MPa)	局部阻力系数 ξ	主 要 特 点	图 号
G1Y1—H/L I 型、 G1Y3—H/L II 型平板阀 移动式给水栓	75,90,110,125,160	0.25,0.4	1.52~2.02	移动式,旋紧锁口连接,平 板阀内外力结合止水,地上 保护,适用于多种管材	图 6-1 (a)、(b)
G1Y3—H/L IV 型平板 阀移动式给水栓	75	0.6,1.0	5.76	螺纹式内外力结合止水, 可调控流量,其他特点同 I、 II 型	图 6-1(c)
G2Y1—G 型平板阀移 动式给水栓	进/出口直径 $\phi 80,100,150$	0.20	1.5~2.00	移动式,倒钩连接装置,平 板阀外力止水,地上保护,适 用于多种管材	图 6-2
G1Y5—S 型球阀移动 式给水栓	110	0.20	A 型 1.23	移动式,快速接头式连接, 浮阀内力止水,地上保护,适 用于塑料管材	图 6-3
G2Y5—H 型球阀移动 式给水栓	110	0.20		移动式,快速接头式连接, 浮阀内力止水,地上保护,多 用于塑料管材	图 6-4
G3Y5—H 型球阀移动 式给水栓	$\phi 200/100$	0.20	1.53	移动式,丝连接,浮阀内力 止水,地上保护,适用于混凝 土管道系统	图 6-5
G2Y5—S/H 型球阀移 动式给水栓	75,100,125,160	0.15	公称直径 160 mm 时为 3.47	移动式,浮阀内力止水,地 上保护,集多功能于一体,适 用于混凝土管材	图 6-6
G2Y2—H 型平板阀移 动式给水栓	75	0.05,0.1		移动式,橡胶活舌内力止 水,地上保护,多适用于塑料 管材	图 6-7
G3B1—H 型平板阀半 固定式给水栓	63	0.25	1.175	半固定式,平板阀外力止 水,地上保护,适用于塑料管 材	图 6-8
G2B1—H(G)型平板阀 半固定式给水栓	A 型 50~160, B 型 110	0.25	A 型 1.0~1.8	半固定式,平板阀外力止 水,阀瓣与操作杆利用活节 连接,不磨损密封胶垫,地上 保护,多用于塑料管材	图 6-9
G2B3—H 型平板阀半 固定式给水栓	$\phi 100/75$ $\phi 100/100$ $\phi 125/100$		0.20	半固定式,利用弹力和内 水压力止水,地上保护,可双 向出水,多用于塑料管道	图 6-10
C2B7—H 型丝堵半固 定式出水口	75,90,110,125	0.20		半固定式,丝堵外力止水, 地上保护,适用于压力、流量 较小的塑料管道系统	图 6-11

续表

型 号 名 称	公 称 直 径 (mm)	公称压力 (MPa)	局部阻力系数 ξ	主 要 特 点	图 号
C2G7—S/N 型丝盖固定式出水口	75,90,110,125	0.20		固定式,丝盖外力止水,地上保护,适用于压力、流量较小的塑料管道系统	图 6-12
C7G7—N 型丝盖固定式出水口	$\phi 100$	0.20	0.4	固定式,平板阀外力止水,地上保护,适用于压力、流量较小的水泥预制管道	图 6-13
G2G1—S 型平板阀固定式给水栓	75	0.05	1.938	固定式,平板阀外力止水,地下保护,适用于塑料管材	图 6-14
C2G7—S 型丝盖固定式出水口	90,110	0.05		固定式,丝盖外力止水,地下保护,适用于塑料管材,压力较小的管道系统	图 6-15
C2G1—G 型平板阀固定式出水口	$\phi 114$			固定式,平板阀外力止水,地上保护,适用于压力、流量较小的塑料管道系统	图 6-16
G2G1—G 型平板阀固定式给水栓	160			固定式,平板阀外力止水,集节制阀、三通、给水于一体,适用于丘陵梯田塑料管道系统	图 6-17
C1G1—S 型双向堵头固定式出水口	63,75,90,110,125			固定式,用密封胶垫与壳内壁摩擦力止水,地上保护,适用于压力、流量较小的塑料管道	图 6-19
C1G1—S 型软管固定式出水口	63, 110	0.1 0.2	1.20	固定式,卡扣外力止水,地下保护,适用于塑料管道系统	图 6-20

第二节 安全保护装置

管道输水灌溉系统的安全保护装置主要有进(排)气阀、安全阀、多功能保护装置、调压装置、逆止阀、泄水阀等。主要作用分别是破坏管道真空,排除管内空气,减小输水阻力,超压保护,调节压力,防止管道内的水回流入水源而引起水泵高速反转。

本节主要介绍管道输水灌溉系统常用的进(排)气阀、安全阀、多功能保护装置、调压装置等安全保护装置的结构和特点。对于逆止阀和泄水阀,由于市场上定型产品很多,在此不多赘述。

一、进(排)气阀

进(排)气阀按阀瓣的结构分为球阀式、平板阀式进(排)气阀两大类。按材料分为

铸铁、钢、塑料进（排）气阀等。在此仅介绍管道灌溉系统中常用的进（排）气阀。

进（排）气阀的工作原理是管道充水时，管内气体从进（排）气口排出，球（平板）阀靠水的浮力上升，在内水压力作用下封闭进（排）气口，使进（排）气阀密封而不渗漏，排气过程完毕。管道停止供水时，球（平板）阀因虹吸作用和自重而下落，离开进（排）气口，空气进入管道，破坏了管道真空或使管道水的回流中断，避免了管道真空破坏或因管内水的回流引起的机泵高速反转。

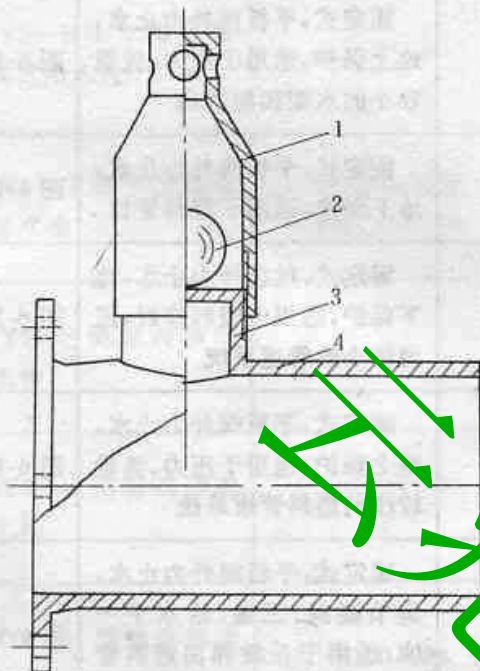


图 6-23 JP3Q—H/G 型球阀式进（排）气阀

1—阀室；2—球阀；3—球算管；4—法兰管

进（排）气阀可按式（6-1）计算选择，一般安装在顺坡布置的管道系统首部、逆坡布置的管道系统尾部、管道系统的凸起处、管道朝水流方向下折及超过 10°的变坡处。

$$d_o = 1.05D_o \left(\frac{v}{v_o} \right)^{1/2} \tag{6-1}$$

式中： d_o 为进（排）气阀通气孔直径，mm； D_o 为被保护管道内径，mm； v 为被保护管道内水流速度，m/s； v_o 为进（排）气阀排出空气流速，m/s，计算时可取 $v_o=45$ m/s。

1. JP3Q—H/G 型球阀式进（排）气阀

JP3Q—H/G 型球阀式进（排）气阀结构简单，制作、安装方便，造价低，规格齐全，灵敏度高，密封性能好，适用于顺坡布置的管道系统，泵与主管道的连接处，起进气止回水作用。结构形式、尺寸和性能参数见图 6-23、表 6-11 和表 6-12。

表 6-11 JP3Q—H/G 型球阀式进（排）气阀主要尺寸 单位：mm

公称直径	D	D_1	h	D_o	d_o	L	备 注
20	50	62	140	60	20	130	D 为法兰管内径； D_1 为法兰管外径； h 为阀室高度； D_o 为阀室内径； d_o 为进（排）气孔内径； L 为法兰管长度
	63	75				135	
	75	87				155	
	90	102				170	
25	110	122			25	195	
	125	137				210	
32	140	152			32	225	
	160	172				245	
40	200	212			40	285	

表 6-12 JP3Q—H/G 型、JP1Q—H/G 型球阀式进（排）气阀主要性能参数

公称直径（mm）		20	25	32	40	50	备 注
对应被保护管道公称直径（mm）	塑料管	≤90	110, 125	140, 160	160, 200	200, 250	公称压力 0.05 MPa, 最大工作压力 0.25 MPa, 最小密封压力 0.05 MPa, 适用温度 -10~60℃
	混凝土管	≤180	200, 225	250, 280	350	450	

2. JP1Q—H/G 型球阀式进（排）气阀

JP1Q—H/G 型球阀式进（排）气阀的特点和性能参数基本同 JP3Q—H/G 型球阀式进（排）气阀，多用于逆坡布置的管道系统和管路中凸起处。结构形式和尺寸见图 6-24 和表 6-13。

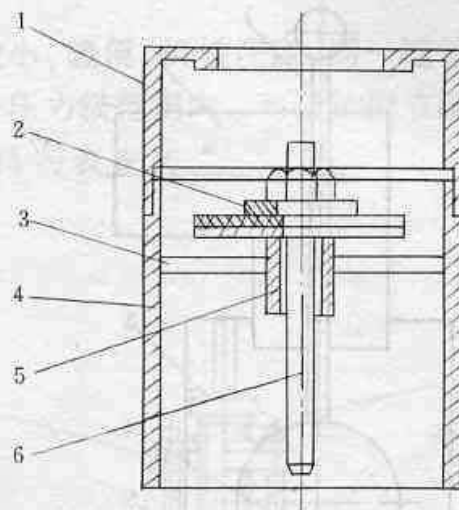
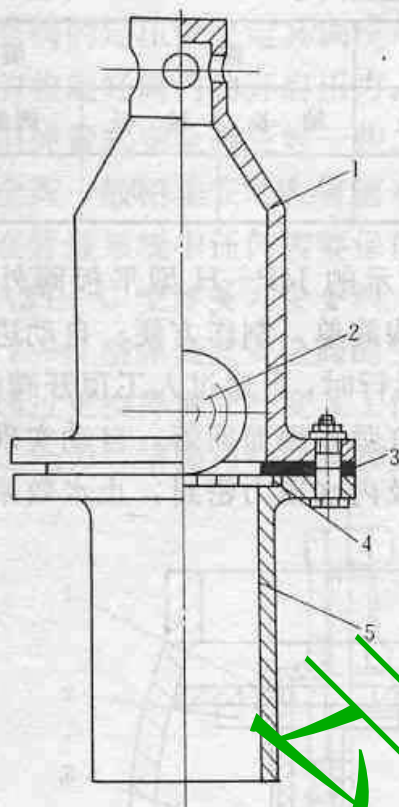


图 6-24 JP1Q—H/G 型球阀式进（排）气阀

1—阀室；2—球阀；3—密封胶垫；
4—球算；5—阀座管

图 6-25 JP1P—G 型平板阀式进（排）气阀

1—上阀壳；2—阀瓣；3—支架；
4—下阀壳；5—导向套；6—阀杆

表 6-13

JP1Q—H/G 型球阀式进（排）气阀主要尺寸

单位：mm

公称直径	D	D_1	H	h_1	h_2	D_0	d_0	备 注
20	50	62	225	152	65	60	25	D 为法兰管内径； D_1 为阀座管外径； H 为进（排）气阀总高度； h_1 为阀室高度； h_2 为阀座管高度； D_0 为阀室内径； d_0 为进（排）气孔内径
	63	75	235		78			
	75	87	248		90			
	90	102	265		105			
25	110	122	285		125			
	125	137	300		140		25	
32	140	152	315		155		32	
	160	172	335		175		32	
40	200	212	375		375		40	

3. JP1P—G 型平板阀式进（排）气阀

JP1P—G 型平板阀式进（排）气阀结构简单，易于加工，造价低，安装方便，灵敏度高，密封效果好，最小密封压力为 0.04 MPa。一般用于顺坡布置的管道系统首端和凸起处。结构形式和主要尺寸见图 6-25 和表 6-14。

4. JP1Q—H 型球阀式进（排）气阀

图 6-26 所示的 JP1Q—H 型球阀式进（排）气阀结构简单，体积小，重量轻，造价低；进（排）气自动完成，性能可靠；能取水灌溉，实用方便；安装简便，易保护。

5. J4P—H 型平板阀外力止水式进气阀

表 6-14

JP1P—G 型平板阀式进(排)气阀主要尺寸

单位: mm

上 阀 壳			下 阀 壳			阀 瓣		
外 径	高 度	排气孔径	外 径	高 度	导向孔径	轴 长	轴 径	阀盖直径
114	53	60	114	70	12.5	75	7.5	80

图 6-27 所示的 J4P—H 型平板阀外力止水式进气阀, 结构简单, 制作方便; 自动进气, 人工排气, 开机运行时, 可通过人工顶开阀门排气, 停机时阀门因虹吸作用而回落, 自动实现进气功能; 利用弹簧及内水压力密封, 止水效果好。

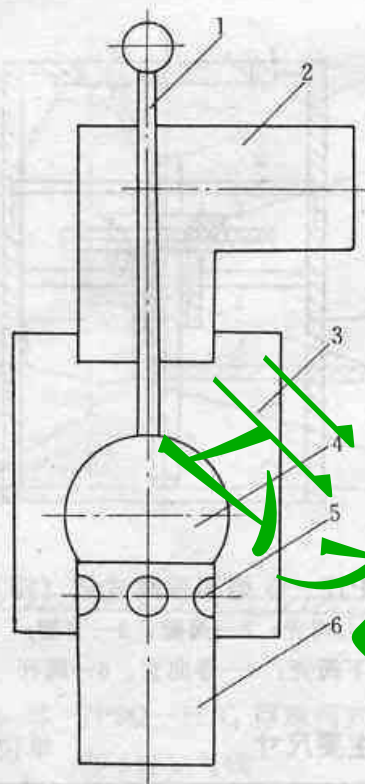


图 6-26 JP1Q—H 型球阀式进(排)气阀

1—取水操作杆; 2—进(排)气口、出水弯头; 3—阀壳; 4—球阀; 5—进(排)气孔; 6—连接管

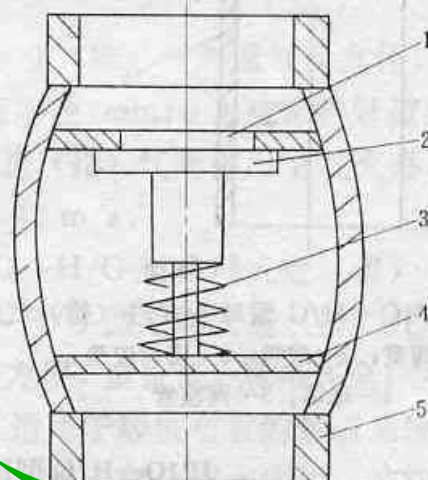


图 6-27 J4P—H 型平板阀外力止水式进气阀

1—进(排)气口; 2—阀瓣; 3—弹簧; 4—弹簧支座; 5—阀壳

二、安全阀

安全阀是一种压力释放装置, 安装在管路较低处, 起超压保护作用。低压管道灌溉系统中常用的安全阀按其结构形式可分为弹簧式、杠杆重锤式两大类。

安全阀的工作原理是将弹簧力或重锤的重量加载于阀瓣上来控制、调节开启压力(即整定压力)。在管道系统压力小于整定压力时, 安全阀密封可靠, 无渗漏现象; 当管道系统压力升高并超过整定压力时, 阀门则立即自动开启排水, 使压力下降; 当管道系统压力降低到整定压力以下时, 阀门及时关闭并密封如初。

安全阀的特点是结构比较简单, 制造、维修方便, 造价较高; 启闭迅速及时, 关闭后无渗漏, 工作平稳, 灵敏度高; 使用寿命长。

弹簧式安全阀可通过更换弹簧来改变其工作压力级, 同一压力级范围内可通过调压螺栓来调节开启压力。其载荷随阀门开启高度的增大而增大。

杠杆重锤式安全阀可通过更换重锤来改变其工作压力级, 但在同一压力级范围内的开启压力是不变的。其载荷不随阀门开启高度变化。

安全阀在选用时,应根据所保护管路的设计工作压力确定安全阀的公称压力。由计算出的安全阀的定压值决定其调压范围,根据管道最大流量计算出安全阀的排水口直径,并在安装前校定好阀门的开启压力。弹簧式、杠杆重锤式安全阀均适用于低压管道输水灌溉系统。但弹簧式安全阀更好一些。

安全阀一般铅垂安装在管道系统的首部,操作者容易观察到并便于检查、维修;但也可安装在管道系统中任何需要保护的位置。

1. A3T—G 型弹簧式安全阀

A3T—G 型弹簧式安全阀的主要特点是体积较小、轻便、灵敏度高,同一型号规格的安全阀可通过更换弹簧来改变其工作压力级;在某一压力级范围内,可通过调节调压螺栓来调节整定压力。结构和性能参数见图 6-28 和表 6-15 与表 6-16。

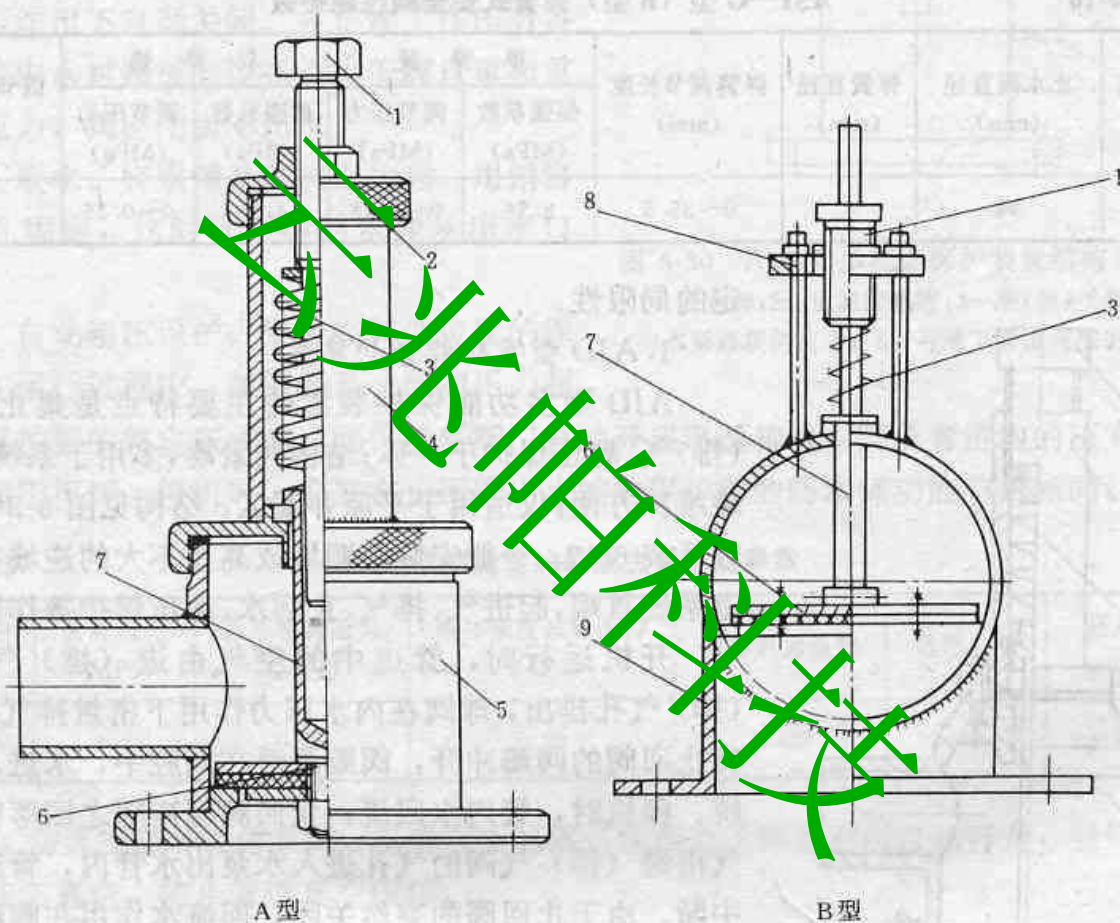


图 6-28 A3T—G 型弹簧式安全阀

1—调压螺栓; 2—压盖; 3—弹簧; 4—弹簧室壳; 5—阀室壳;
6—阀瓣; 7—导向套; 8—弹簧支架; 9—法兰管

2. A1T—G 型弹簧式安全阀

A1T—G 型弹簧式安全阀的特点与 A3T—G 型相同,结构形式见图 6-29,性能参数见表 6-15。

三、多功能保护装置

多功能保护装置主要是针对低压管道灌溉系统研制的,集进(排)气、止回水、超压保护等两种以上功能于一体的安全保护装置,有的还兼有灌溉给水和其他功能。最大特点是结构紧凑,体积小,连接、安装比较方便。但设计比较复杂,安装位置和使用条件有一

表 6-15

A3T—G 型 (A 型)、A1T—G 型弹簧式安全阀性能参数

公称直径 (mm)	50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160
公称压力 (MPa)	0.3~0.6
阀体强度试验压力 (MPa)	1.2 倍的公称压力
工作压力级 (MPa)	$>0.06\sim 0.1$ 、 $>0.1\sim 0.13$ 、 $>0.13\sim 0.16$ 、 $>0.16\sim 0.2$ 、 $>0.2\sim 0.25$ 、 $>0.25\sim 0.3$ 、 $>0.3\sim 0.4$ 、 $>0.4\sim 0.5$ 、 $>0.5\sim 0.6$
密封压力 (MPa)	0.06~0.6
适用介质	水
适用温度 (°C)	-15~60

表 6-16

A3T—G 型 (B 型) 弹簧式安全阀性能参数

阀座直径 (mm)	止水阀直径 (mm)	弹簧直径 (mm)	弹簧调节长度 (mm)	单 弹 簧		双 弹 簧		调节螺栓长度 (mm)
				倔强系数 (MPa)	调节压力 (MPa)	倔强系数 (MPa)	调节压力 (MPa)	
80	96	4	0~35.5	2.56	0~0.18	4.96	0~0.35	45

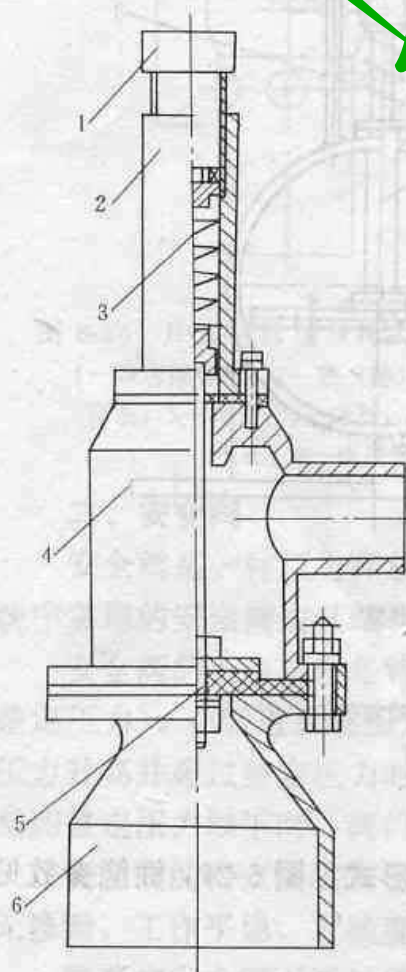


图 6-29 A1T—G 型弹簧式安全阀

1—调压螺栓;2—弹簧室壳;3—弹簧;
4—阀瓣室;5—阀瓣;6—阀座管

定的局限性。

1. AJD 型多功能保护装置

AJD 型多功能保护装置的主要特点是集止回水、进(排)气、超压保护于一体;结构较紧凑,多用于系统首部,安装维护方便,仅适用于平原井灌区。结构见图 6-30,性能参数见表 6-17。一般安装在顺坡或高差不大的逆坡布置的管道系统首端起进(排)气、止回水、超压保护等作用。

开机运行时,管道中的空气由进(排)气阀的进(排)气孔排出,球阀在内水压力作用下密封排气孔,水流将止回阀的阀瓣冲开,阀瓣悬浮在阀腔中,水进入管道系统。停机时,管内水回流,止回阀阀瓣随之回落密封,空气由进(排)气阀的气孔进入水泵出水管内,管道水回流中断。由于止回阀的突然关闭,回流水作用在阀瓣处的压力会迅速增大,如回流水压力超过安全阀的整定压力,则安全阀的阀瓣会打开排水降压,保护管道系统;反之,安全阀密封。

2. Y 式三用阀

Y 式三用阀由进(排)气、调压两大部分组成,见图 6-31。进(排)气部分的工作原理与 JP1Q—H/G 型球阀式进(排)气阀相同。调压部分主要起超压保护作用,当管道系统的压力超过整定工作压力时,作用在止水阀上的力压缩弹簧,使阀瓣脱离下阀体而泄水,管道压力随之降低;当管道系统内的压力下降到整定工作压力以下时,止水阀

在弹力作用下复位,排泄口密封,管道系统恢复正常工作。

3. DH 式自动保护器

DH 式自动保护器结构形式见图 6-32。其主要功能与工作原理可通过一个灌溉过程来说明。

(1) 自动排气。灌水前,阀门因自重而打开,充水时,管道内的空气随着管内水量的增加经出水口排出。

(2) 自动关闭。当管内的空气排完后,阀门在水压作用下自动关闭。在正常工作压力条件下,管内水对阀板的顶托力小于阀自重和重锤的下压力,阀密闭而不出水。

(3) 取水。将重锤及阀向上抬起,用销钉插入销孔固定,这时管道内的水即从出水口流出。

(4) 自动超压保护。安装在其他位置的保护器,在运行过程中,如管路某一段的压力超过该处保护器的整定压力时,则保护器阀门自动开启迅速排水,降低管道内的压力,防止管道因超压损坏。停机时,安装在止回阀出水端的保护器的防水锤功能与此相同。

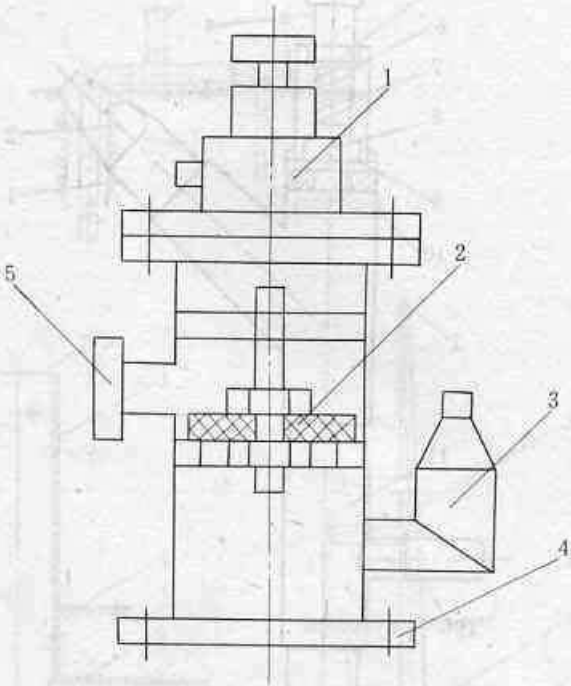


图 6-30 AJD 型多功能保护装置结构示意图
1—安全阀;2—止回阀瓣;3—进(排)气阀;4—与水泵连接的法兰;5—与地下管道连接的法兰

表 6-17 AJD 型多功能保护装置主要性能参数

公称直径 (mm)	公称压力 (MPa)	最小密封压力 (MPa)	阀体强度试验压力 (MPa)	局部阻力系数	适用介质	适用温度 (℃)
75, 110	0.2	0.05	0.25	1.837	水	-10~60

(5) 防真空破坏。停泵时,安装在止回阀进水端的保护器阀门自动打开,空气进入泵出水管破坏真空,防止管道真空破坏。

保护器的功能与布设安装位置有关,选择应用时应注意这一点。安装在出水口处的保护器,应根据其安装高程确定重锤的重量(即安全开启压力),使其发挥超压保护作用。

4. DAF 型多功能保护装置

DAF 型多功能保护装置有平板阀式和球阀式两类。平板阀式多功能保护装置见图 6-33,球阀式多功能保护装置的结构与平板阀式基本相同,不同点是将内水封闭阀 A 改为空心橡胶浮球。

DAF 型多功能保护装置有 $\phi 90/60$ (进/出口外径) 一种规格。其阀壳采用铸铁,阀心各部件采用铸铝,球阀采用橡胶。具有进气、排气、超压保护多种功能;压力可在 0.05 ~ 0.20 MPa 之间任意调节;压力为 0.16 MPa、0.18 MPa、0.20 MPa 时的排水量为 2.11 m³/h、2.62 m³/h、3.75 m³/h;工作温度在 -40 ~ 60℃ 范围内,灵敏度高,适合管道灌溉系统使

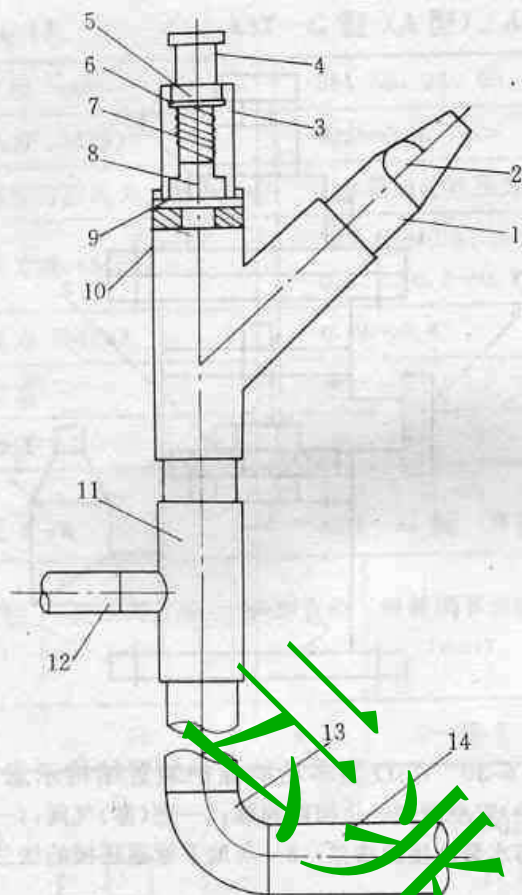


图 6-31 Y 式三用阀

进(排)气部分: 1—锥形阀室; 2—球阀
调压部分: 3—支架; 4—调压螺栓; 5—调压螺母; 6—弹簧垫; 7—弹簧; 8—止水阀体; 9—密封胶垫; 10—下阀体连接件; 11—三通; 12—水泵出水管; 13—弯头; 14—地下管道

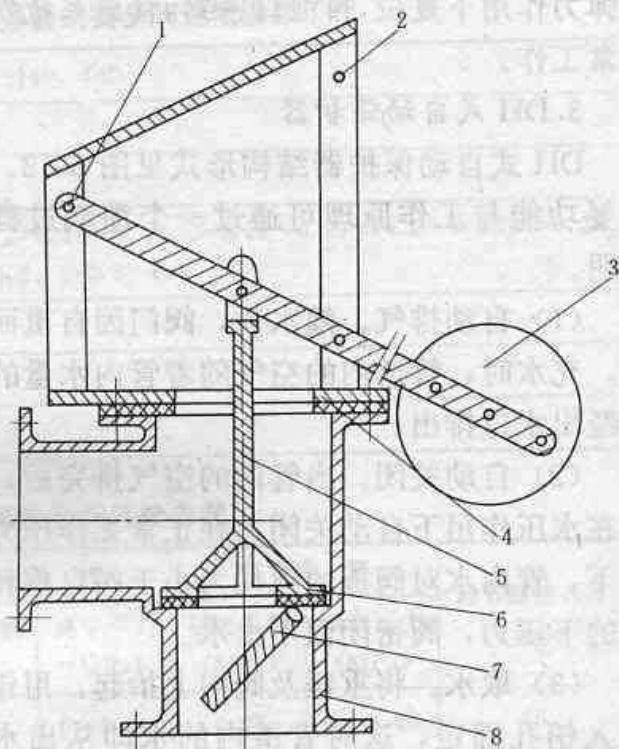


图 6-32 DH 式自动保护器

1—销轴; 2—销孔; 3—重锤; 4—密封胶垫;
5—阀杆; 6—止水阀; 7—阀门; 8—阀壳

用要求; 结构设计合理, 体积小, 重量轻, 安装方便, 造价较低; 采用铸铁(铝)材料, 耐锈蚀, 使用寿命长。

工作原理: ①排气过程。开泵前, 阀 A (或球阀) 因自重落在套管下部, 与下密封面处于脱离状态; 开泵初始, 管内空气可通过阀 B 的侧孔和顶孔排出; 当管中空气排尽, 随管内水面上升, 阀 A (或球阀) 上升至下密封面, 并在内水压力作用下封闭阀 B 的进(排)气孔, 使管道系统处于正常工作状态。②超压保护过程。通过调节螺栓将保护装置的开启压力调节到设计安全压力(整定压力), 压住阀 B。当管道中的压力增大, 超过整定压力时, 阀 A、B 同时开启, 管内水流排出, 减压; 待到管内压力降到整定压力时, 阀 B 在弹力作用下封闭上密封面, 管道系统恢复正常工作。③进气过程。停泵时, 管道内的水回流, 阀 A (或球阀) 因自重下落而脱离下密封面, 空气从阀 B 的气孔进入管道, 破坏管内真空, 保护管道系统。

5. 调压管(塔)

调压管又称调压塔、水泵塔、调压进(排)气井, 其结构形式见图 6-34。调压管(塔)有 2 个水平进、出口和 1 个溢流口, 进口与水泵上水管出口相接, 出口与地下管道系统的进水口相连, 溢流口与大气相通。主要特点是取材方便, 建造容易, 功能多, 可代替进(排)气阀、安全阀和止回阀, 综合造价较低; 适宜于顺坡和高差不太大的逆坡布置的管道系统。

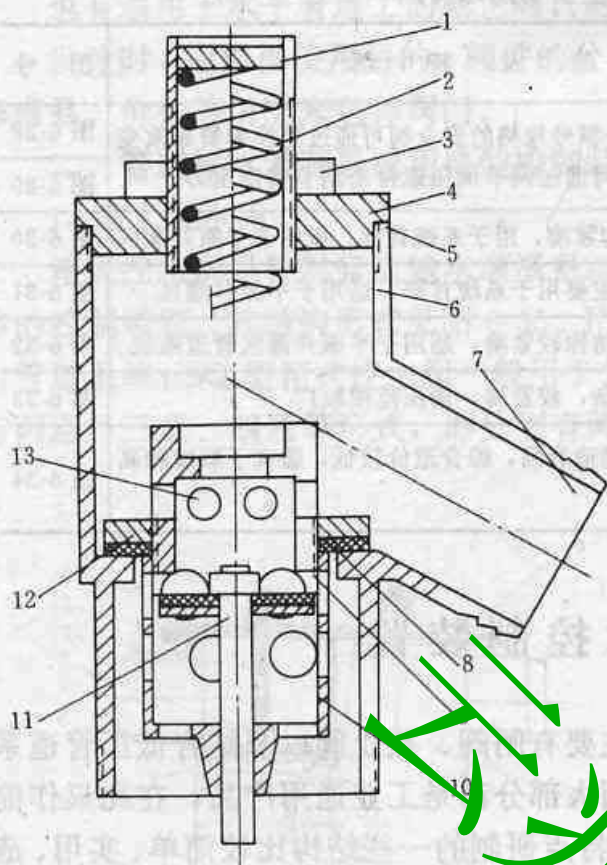


图 6-33 DAF 型多功能保护装置

1—调压螺栓；2—弹簧；3—备帽；4—阀顶盖；
5—密封胶垫；6—阀壳；7—泄水、进（排）气口；8—密封面；9—下密封面；10—导向管；
11—内水封闭阀（A）；12—多孔套管式止水阀（B）；13—进（排）气孔

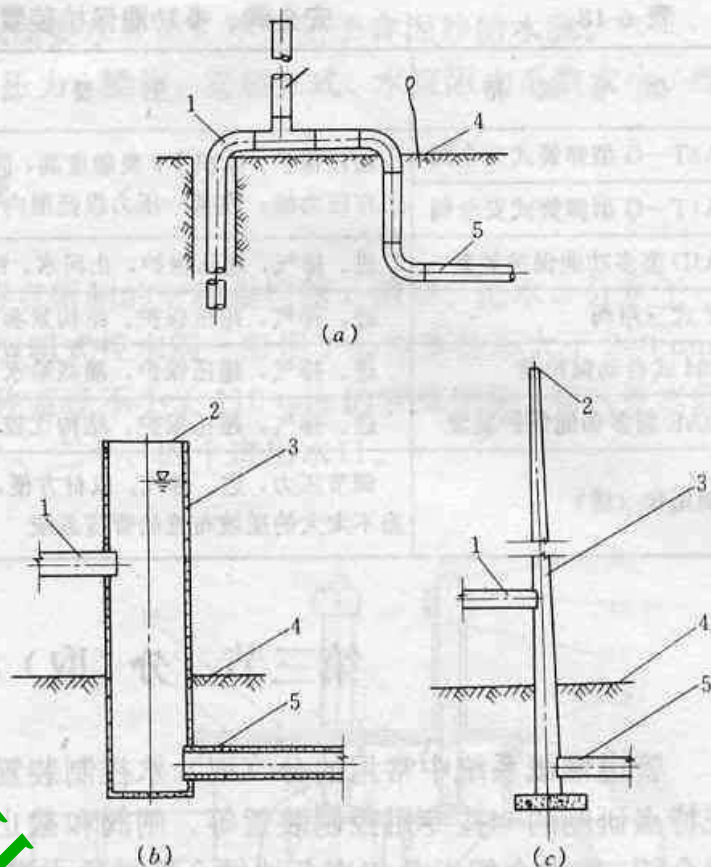


图 6-34 调压管（塔）的结构示意图

(a) 调压管；(b) 调压进（排）气井；(c) 水泵塔
1—水泵上水管；2—溢流口；3—调压管（调压进（排）气井、水泵塔）；4—地面；5—地下管道

(1) 工作原理。①调压。在管道系统运行过程中及停机时，保证系统的工作压力始终保持在管道系统最大设计工作压力范围内。如系统未按操作规程运行（未打开发出水口就开机等）或因停机水回流造成系统压力升高时，水流从调压管顶部溢流口处排出，而不使系统的压力继续升高。②进（排）气。开机运行充水时，管道中的空气由调压管溢流口排出；停机时，水泵上水管口以上的水回流入水源，待上水口露出时，泵管进气，管内水回流中断。

(2) 设计时应注意的几个问题。①调压管溢流水位应不大于系统管道的公称压力。②为使调压管起到进气、止回水作用，调压管的进水口应设在出水口之上。③调压管的内径应不小于地下管道的内径。为减小调压管的体积，其横断面可以在进水口以上处开始缩小，但当系统最大设计流量从溢流口排放时，在缩小断面处的平均流速不应大于 3.05 m/s 。④调压管必须建立在牢固的基础之上，防止基础处理不好造成不均匀沉陷，影响安全。泵上水管尽可能用柔性管，用刚性管时应设特殊防震接头与调压管连接，防止水泵运行时产生的振动通过上水管传播到调压管上。⑤在水源含沙量较大时，调压管底部应设沉沙井。⑥调压管的进水口前应装设拦污栅，防止污物进入地下管道。

(3) 安全阀、多功能保护装置的主要功能及特点见表 6-18。

表 6-18

安全阀、多功能保护装置的主要功能及特点

型 号 规 格	主 要 功 能 及 特 点	图 号
A3T—G 型弹簧式安全阀	超压保护。体积小,灵敏度高,同一型号规格的安全阀可通过更换弹簧来改变工作压力级;在某一压力级范围内,可通过调节调压螺栓来调节整定压力	图 6-28
A1T—G 型弹簧式安全阀		图 6-29
AJD 型多功能保护装置	进、排气,超压保护,止回水。结构紧凑,用于系统首部,适用于平原井灌区	图 6-30
Y 式三用阀	进、排气,超压保护。结构紧凑,主要用于系统首部,适用于平原井灌区	图 6-31
DH 式自动保护器	进、排气,超压保护,灌溉给水。结构较紧凑,适用于平原井灌区管道系统	图 6-32
DAF 型多功能保护装置	进、排气,超压保护。结构比较复杂,较紧凑,调压范围较广	图 6-33
调压管(塔)	调节压力,进、排气。取材方便,建造容易,综合造价较低,适宜于顺坡和高差不太大的逆坡布置的管道系统	图 6-34

第三节 分(取)水控制装置

管道灌溉系统中常用的分(取)水控制装置主要有闸阀、截止阀以及结合低压管道系统特点研制的一些专用控制装置等。闸阀和截止阀大部分都是工业通用产品,在此只作简单介绍。重点介绍近几年来各地结合管道输水灌溉特点研制的一些结构比较简单、实用、造价较低、功能较多的水流、水量控制装置。

一、常用的工业阀门

管道输水灌溉系统常用的工业阀门主要是公称压力不大于 1.6 MPa 的闸阀和截止阀,主要作用是接通或截断管道中的水流。

1. 普通闸阀的主要结构、特点

(1) 闸板呈圆盘状,在垂直于阀座通道中心线的平面内作升降运动。

(2) 局部阻力系数小。

(3) 结构长度小。

(4) 启闭较省力。

(5) 介质流动方向不受限制。

(6) 高度尺寸大,启闭时间长。

(7) 结构较复杂,制造维修困难,成本较高。

对水质要求不是很高,可用于含泥沙的水流。

2. 普通截止阀的主要结构、特点

(1) 阀瓣呈圆盘状,沿阀座通道中心线作升降运动。

(2) 局部阻力系数大。

(3) 启闭时阀瓣行程小、高度尺寸小,但结构长度较大。

(4) 启闭较费力。

(5) 介质需从阀瓣下方向上流过阀座,流动方向受限制。

(6) 结构比较简单,制造比较方便。

(7) 密封面不易擦伤和磨损,密封性好,寿命长。

也有适用于水平管道上的截止阀。对水质要求较高,不宜用于含泥沙的水流。

设计时,应根据使用目的,阀件的公称压力、操作、安装方式、水流阻力系数大小、维修难易、价格等情况来选择阀门。

二、管道输水灌溉系统用典型控制装置

1. 箱式控水阀

箱式控水阀是针对管道输水灌溉系统特点研制的一种集控制、调节、汇水、分水于一体的控制装置。其结构形式见图 6-35。JN 型箱式控水阀一般用于公称直径不大于 200 mm 的管道系统;SQ 型箱式控水阀一般用于公称直径不小于 110 mm 的管道系统。箱式控水阀有两通、三通、四通等形式,即分别有两个、三个、四个进出水口。

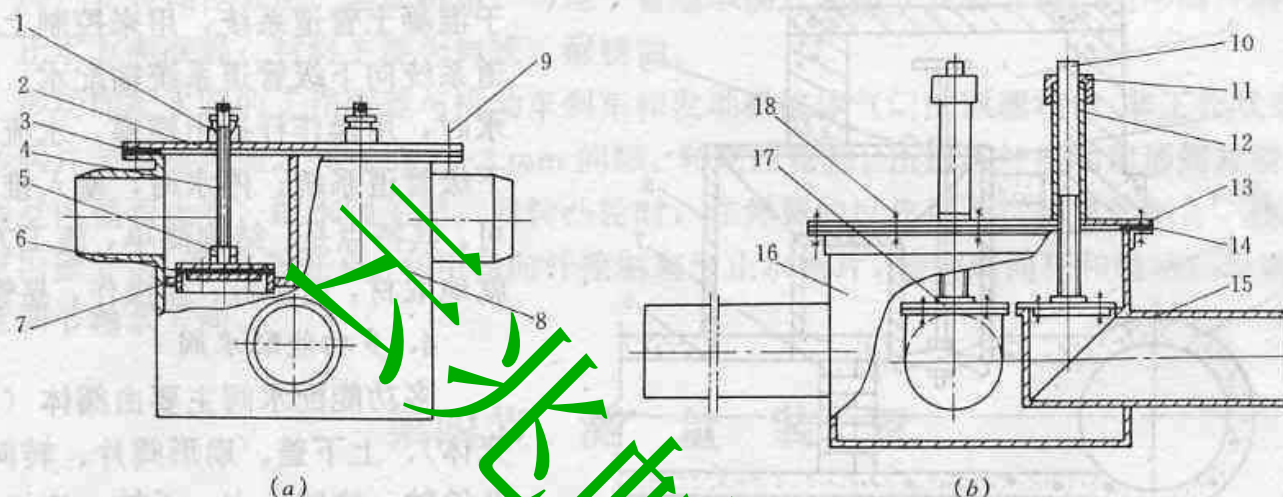


图 6-35 箱式控水阀

(a) 三通式 JN 型箱式控水阀; (b) 四通式 SQ 型箱式控水阀

1—填料函; 2—阀顶盖板; 3—密封胶垫; 4—螺栓; 5—活节套; 6—阀瓣; 7—阀座; 8—箱体; 9—螺栓; 10—螺栓; 11—填料压盖; 12—螺栓套; 13—阀顶盖; 14—密封胶垫; 15—进(出)水管; 16—箱体; 17—阀瓣; 18—螺栓

表 6-19 JN 型箱式控水阀的规格及性能参数

形式	规格 ϕ (mm)	密封压力 (MPa)	耐久性能	局部阻力 系数 ξ
两通式	95, 110, 125, 160	≥ 0.50	启闭 300 次性 能良好	3.73
三通式				
四通式				

接通、截断、分流、汇流及四通等作用。箱式控水阀与同样功能的工业闸阀相比,可降低投资 30%~60%,其性能参数见表 6-19 和表 6-20。

2. 分水闸门

图 6-36 所示分水闸门适用于混凝土管道系统,用来控制主管道向支管道输配水。其特点是:因地制宜修建,结构简单,安装、操作方便;设有保护、检修井,维修方便,且易于保护。

主要特点及性能: 阀瓣呈圆盘状,沿阀座通道中心线升降运动;结构简单、制作容易;体积小、重量轻、安装操作方便;水力性能较好。两通式控水阀主要安装在直段管道上,起接通、截断水流的作用;三通式控水阀主要安装在管道系统的分支处,起接通、截断、分流、汇流及三通等作用;四通式控水阀主要安装在管道系统的分支处,起

表 6-20

SQ 型箱式控水阀的规格及性能参数

形 式	规 格 进口/出口直径 (mm)	外形尺寸 长×宽×高 (mm×mm×mm)	重量 (kg)	密封压力 (MPa)	耐久性能	局部阻力系数	
						直 流	侧 流
两通式	250/90, 250/110, 250/125, 250/160	350×350×250	25.0	≥0.20	启闭 300 次性能良好	3.77	3.78
三通式		600×400×250	34.5			3.73	
四通式		600×400×250	34.5			3.83	4.09

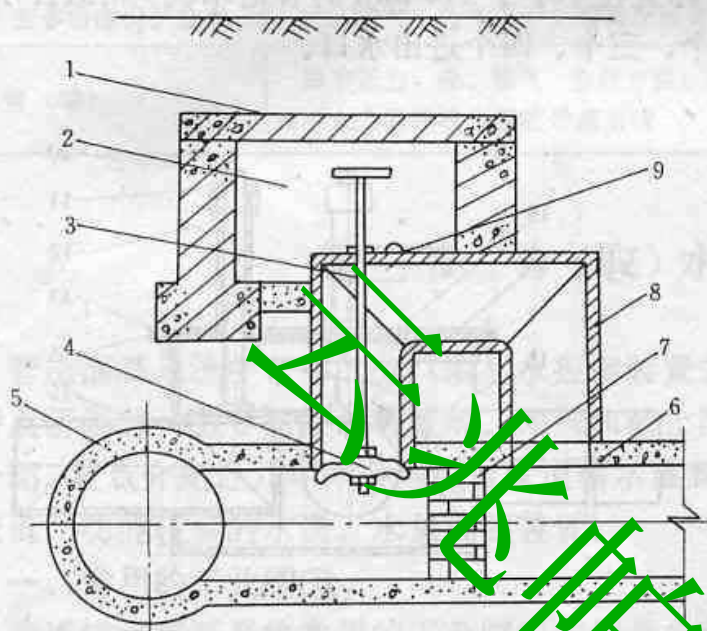


图 6-36 分水闸门及其安装示意图

1—盖板；2—保护井；3—操作杆；4—阀瓣；5—干管；
6—支管；7—截流板；8—铸铁弯管；9—挂环

3. 简易分流闸

图 6-37 所示的简易分流闸适用于混凝土管道系统，用来控制上级管道系统向下级管道系统输配水。输配水时，用操作杆提出锥塞，水流进入下级管道系统；停水时，塞入锥塞即可。其特点是：结构简单，施工方便；就地取材，造价低；易操作，易管理。

4. 多功能配水阀

多功能配水阀主要由阀体（三通壳体）、上下盖、扇形阀片、转向杆、凸轮轴、橡胶止水、手轮、连杆、弹簧和方向指针等组成（见图 6-38）。除止水用橡胶外，其余部件采用铸铁材料。橡胶止水用 801 胶粘贴在扇形阀片外壁上。有 152.4 mm 一种规格，同

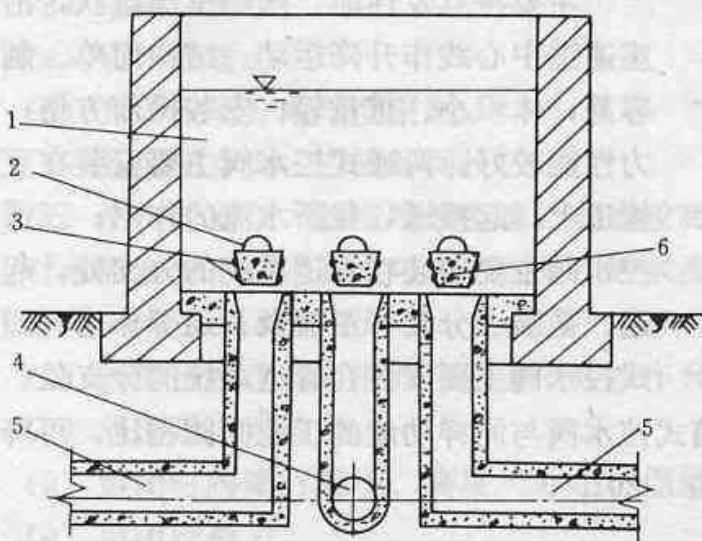


图 6-37 简易分流闸及其安装示意图

1—水池；2—提环；3—橡胶止水；4—输水干管；
5—输水支管；6—混凝土锥塞

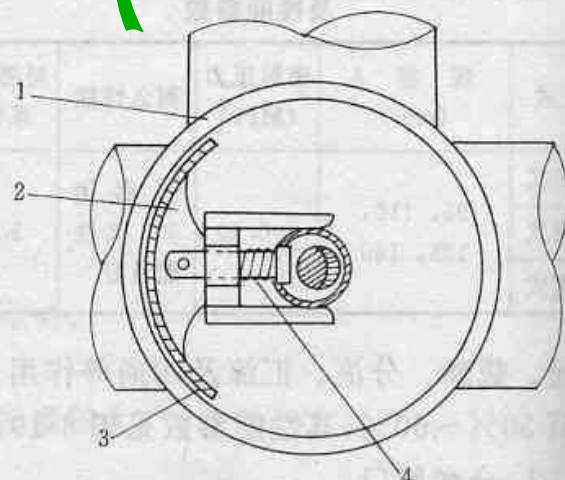


图 6-38 多功能配水阀结构示意图

1—阀体；2—扇形阀片；3—止水橡胶；4—弹簧

时配有 152.4 mm、127.0 mm、101.6 mm 的变径接头，可与不同规格的地下管道连接。

安装在输水干管与支管分水处，起控制水量大小、水流方向、封闭管道和三通、弯头等作用。其特点主要有：

(1) 重量轻、价格低。

(2) 水力性能好。直流时局部阻力系数为 1.88，直角流时为 2.15。

(3) 适用流量范围大、密封压力高。适宜流量范围为 $20 \sim 120 \text{ m}^3/\text{h}$ ；压力不大于 0.20 MPa 时，无渗漏现象。

(4) 结构简单、维修方便、功能多。集三通、弯头、阀门于一体，结构紧凑合理，野外可现场维修。

(5) 安装操作方便、坚固耐用。与地下管道承插式连接，安装方便；扇形阀片转动灵活，止水方向准确；材料主要为铸铁，耐锈蚀。

多功能配水阀的工作原理与机动车刹车和发动机缸体气门的原理相似。非工作状态下，扇形阀片与阀室内壁之间保持 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 间隙。转动凸轮轴，压迫连杆推动扇形阀片使其紧贴阀室内壁而止水，配水阀关闭。回转凸轮时，在弹簧的反作用下拉回扇形阀片，使其与阀室内壁分离，配水阀开启。利用转向杆控制扇形止水阀片，旋转转向杆和转动凸轮轴，可任意调节输水方向。

第四节 测量装置

管道灌溉系统中常用的测量装置主要有测量压力和流量的装置。测量压力装置是用来量测管道系统的水流压力，了解、检查管道工作压力状况；测量流量装置主要用来测量管道水流总量和单位时间内通过的水量，是用水管理的基础。

一、压力测量装置

在管道输水灌溉系统中常用的压力测量装置是弹簧管压力表。有 Y 型弹簧管压力表、YX-150 型电接点压力表、Z 型弹簧管真空表等。

压力表选用时应考虑以下因素：

(1) 压力测量的范围和所需要的精度。

(2) 静负荷下工作值不应超过刻度值的 $2/3$ ，在波动负荷下，工作值不应超过刻度值的 $1/2$ ，最低工作值不应低于刻度值的 $1/3$ 。

设计时可由五金手册查得压力表外形尺寸、规格及性能。安装和维护应严格按照说明书要求进行。

二、流量测量装置

在一段时间内通过管道的水量称为“总量”，在单位时间内通过水流的量称为流量。测量总量的装置称为计量装置，测量水流量的装置称为流量装置。我国目前还没有专用的农用水表，在管道输水灌溉系统中通常采用工业与民用水表、流量计、流速仪、电磁流量计等进行量水。在此仅简单介绍一下管道输水灌溉系统最为常用的水表。

1. 水表的种类

管道灌溉系统常用的水表有 LXS 型旋翼湿式水表和 LXL 型水平螺翼式水表。两种水

表都是以叶轮的转数为依据，水流通过翼轮盒时推动叶轮旋转，利用叶轮转速与水流速度成正比的关系，由叶轮轴上的齿轮传送到计数装置，由标度盘上的指示针指示出流量的累计值，即水流总量。设计时可由五金手册查得各种水表的外形尺寸、规格及性能。安装与维护应严格按说明书要求进行。

2. 水表的选用

(1) 根据管道的流量，参考厂家提供的水表流量—水头损失曲线进行选择，尽可能使水表经常使用流量接近公称流量。

(2) 用于管道灌溉系统的水表一般安装在野外田间，因此选用湿式水表较好。

(3) 水平安装时，选用旋翼式或水平螺翼式水表。

(4) 非水平安装时，宜选用水平螺翼式水表。

农业科技

第七章 管道工程施工技术

第一节 概 述

管道输水灌溉工程具有工程隐蔽、投资较大、使用时间长等特点。为了保证工程投入使用后正常运行，必须从设计、施工和运行管理等环节进行严格把关。设计是基础，安装施工是保证，运行管理是关键，发挥效益是目的。施工安装具有承上启下的作用，实施时必须制定详细的施工计划，严格按照施工程序，认真执行设计意图，精心施工，为今后的运行管理和效益发挥提供保证。

一、管道施工程序

- (1) 熟悉图纸和有关技术资料。
- (2) 测量放线。
- (3) 管槽开挖。
- (4) 管道铺设与安装。
- (5) 管道与设备连接。
- (6) 首部工程安装。
- (7) 试压及冲洗。
- (8) 试运行。
- (9) 竣工验收。

二、管道施工应具备的条件

- (1) 设计图纸及其他技术文件完整齐全，确认具备施工要求。
- (2) 临时供水、供电等设施已能满足施工要求。
- (3) 制定的施工计划和方案已确认可行，技术交底和必要的技术培训工作已经完成，并填写表 7-1 以作记录。
- (4) 管材、管件及其他设备已备齐，并经检验符合设计要求。
- (5) 与管道安装有关的施工机具已经就位，且能满足施工技术及进度要求。

表 7-1

施工技术交底记录表

工程名称		施工单位	
分部分项工程名称		施工人员	
工程数量		计划完成时间	
技术负责人		交底人	
		交底时间	年 月 日
1. 质量标准要求:			
2. 操作技术方法及措施:			
3. 安全操作事项:			
4. 其他注意事项:			

三、管道安装的一般规定

- (1) 管道安装前要认真复测管槽、建筑物基坑是否符合图纸要求。
- (2) 管道安装时,如遇地下水或积水,应采取排水措施。
- (3) 检查地基的承载能力和稳定性,对不符合设计要求的地方应进行处理,然后再进行安装。
- (4) 管道穿越公路、沟道等处时,应采取加套管、砌筑涵洞或架空等措施加以保护。
- (5) 附属设备(如闸阀、水表等)与管道连接后,应垫置加固支撑,避免设备的重量加压在管道上。
- (6) 管道安装施工过程中,及时填写施工记录并分施工内容进行阶段验收(见表 7-2),尤其对一些意外情况的处理应填写清楚。
- (7) 管道安装工作间断期间,应及时封闭敞开的管口。
- (8) 管道连接时,应严格按照已定的施工方法和程序进行。确需变更时,必须经技术主管签字,同意后方可实施,并记录在案。
- (9) 管道工程完工后,及时整理施工记录,绘制竣工图,编写竣工报告等,以备竣工验收。

表 7-2

管道安装施工记录(阶段验收情况)表

工程名称			
分部分项工程名称			
管线号: 连接方法: 简图及简要说明:	管径:	材质:	
施工单位: 施工人员:	负责人:	技术负责人:	

四、施工组织与准备

1. 施工组织

加强施工组织管理,对于正确实施设计,按期完成施工任务,保证工程质量,降低工程成本具有重要的意义。因此必须根据工程需要建立健全必要的施工组织、制定详细的施工计划,做好施工准备工作。

根据工程需要成立由领导、技术人员组成的施工组织领导机构,协调各项工作,编制详细的施工计划,培训技术人员、料物调配、组织施工队伍,指导现场施工等工作。

2. 施工准备

(1) 施工人员培训。施工前,要对施工人员进行必要的技术培训和思想教育。在技术上,要使施工人员熟悉设计图纸、掌握施工方法和程序;在思想上,要使施工人员认识到施工对整个工程的重要性。

(2) 料物准备。为保证工程顺利施工,施工前应做好料物及施工设备的采购供应工作。

严格按设计要求采购、验收、保管和供应。

(3) 施工过程中的管理。施工过程中应严格按管道安装规定要求, 把好材料验收、施工质量等各环节, 避免留下隐患, 影响工程运行。

第二节 管 槽 开 挖

一、测量放线

测量放线就是按设计图纸要求, 将各级管道、建筑物的位置落实到地面上。一般用经纬仪、水准仪定出管槽开挖中心线和宽度, 用石灰标出开挖线。在管道中心线上每隔 30~50 m 打桩标记, 在管线的转折处、有建筑物和安装附属设备的地方及其他需要标记的地方也要打桩。绘制管线纵横断面图、建筑物和附属设备基坑开挖详图等。

二、管槽开挖

1. 管槽断面形式和尺寸

管槽的断面形式根据现场土质、地下水位、管材种类和规格、最大冻土层深度以及施工方法确定。目前管道铺设多采用沟埋式, 其断面形式主要有矩形、梯形和复合式三种(见图 7-1)。根据实践经验, 管槽的底部开挖宽度和深度一般按式(7-1)~式(7-3)计算。



图 7-1 管槽断面形式

(a) 矩形断面; (b) 梯形断面; (c) 复合断面

$$D \leq 200 \text{ mm 的管材} \quad B = D + 0.3 \quad (7-1)$$

$$D > 200 \text{ mm 的管材} \quad B = D + 0.5 \quad (7-2)$$

$$H \geq D + h + 0.1 \quad (7-3)$$

式中: B 为管槽底部宽度, m; D 为管子的外径, m; H 为管槽的开挖深度, m; h 为最大冻土层深度, m。

管槽的开挖深度除满足式(7-3)外, 还应满足外载结构设计要求, 如对于塑料管, 其最小埋深不能小于 0.7 m。人工开挖并将土抛于槽边的管槽壁的最大允许坡度可参考表 7-3 和图 7-2。

2. 管槽开挖应注意的几个问题

(1) 管槽槽底为弧形时, 管子的受力情况最好, 因此应尽可能将管基挖成弧形。

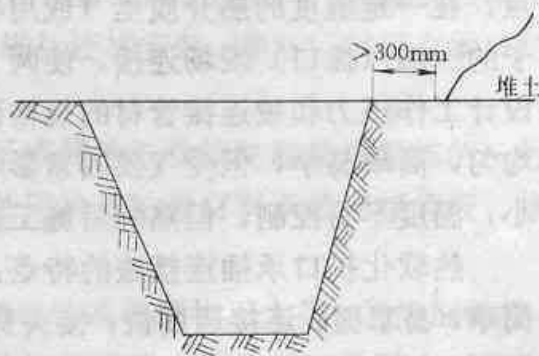


图 7-2 管槽边坡

表 7-3

管槽壁最大允许坡度

土 质	砂 土	亚砂土	亚粘土	粘 土	含砾石, 卵石土	泥碳岩, 白垩土	干黄土	石 槽
边坡坡度	1 : 1.0	1 : 0.67	1 : 0.5	1 : 0.33	1 : 0.67	1 : 0.33	1 : 0.25	1 : 0.05

注 1. 表中砂土不包括细砂和粉砂, 干黄土不包括类黄土。

2. 在个别情况下, 如有足够依据或采用机械挖槽, 均不受此表限制。

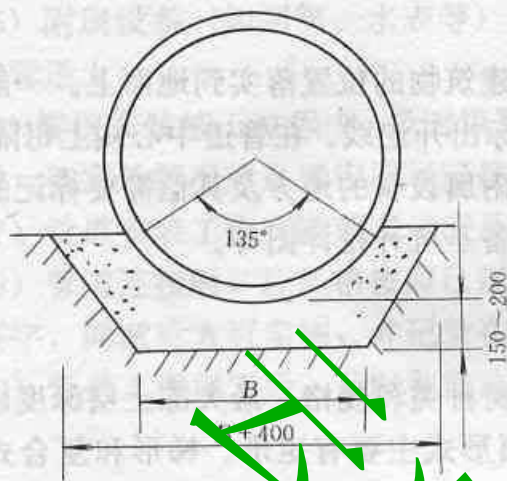


图 7-3 砂基础 (单位: mm)

(2) 管线应尽量避免避开软弱、不均质地带和岩石地带。如无法避开, 必须进行基础处理。

(3) 对于塑料管、钢管、铸铁管或石棉水泥管一般采用原土地基即可。对于松软土或填土应进行夯实, 夯实密实度应达到设计要求; 对于地下水位较高, 土层受到扰动时, 一般应铺 150~200 mm 的碎石垫层进行处理; 对于坚硬岩石可采取超挖, 再回填沙土的办法来处理 (见图 7-3)。

(4) 为方便管道连接安装, 管槽弃土应堆放在管槽的同一侧, 最少 0.3 m 以外处。

第三节 管道系统安装

一、硬塑料管道的连接

硬塑料管道的连接形式有扩口承插式、套管式、锁紧接头式、螺纹式、法兰式、热熔焊接式等。同一连接形式中又有多种方法, 不同的连接方法其适用条件、适用范围不同。因此在选择连接形式、连接方法时, 应根据被连接管材的种类、规格、管道系统设计压力、施工环境、连接方法的适用范围、操作人员技术水平等进行综合考虑。

1. 扩口承插式连接

扩口承插式连接是目前管道灌溉系统中应用最广的一种形式。其连接方法有: 热软化扩口承插连接法、扩口加密封圈承插连接法和胶接粘合式承插连接法三种。

(1) 热软化扩口承插连接法。是利用塑料管材对温度变化灵敏的热软化、冷硬缩的特点, 在一定温度的热介质里 (或用喷灯) 加热, 将管子的一端 (承口) 软化后与另一节管子的一端 (插口) 现场连接, 使两节管子牢固地结合在一起。接头的适宜承插长度视系统设计工作压力和被连接管材的规格而定。利用热介质软化扩口, 温度比较容易控制, 加热均匀, 简单易学, 但受气候因素影响较大; 利用喷灯直接加热扩口, 受气候因素的影响较小, 温度不易控制, 但熟练后施工速度较快。

热软化扩口承插连接法的特点: 承口不需预先制作, 田间现场施工, 人工操作, 方法简单, 易掌握; 连接速度快; 接头费用低; 适用于管道系统设计压力不大于 0.15 MPa、管壁厚度不小于 2.5 mm 的同管径光滑管材的连接。

热介质软化扩口安装时, 管子的一端为承口, 另一端为插口。将承口端长约 1.2~1.6

倍的公称外径浸入温度为 $130 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的热介质中软化 10~20 s, 再用两把螺丝刀 (或其他合适的扩口工具) 稍微扩口的同时插入被连接管子的插口端。扩口用设备有加热筒、热介质 (多用甘油或机油)、螺丝刀、简易炉具、燃料 (木柴或煤碳) 等, 加热装置见图 7-4。

喷灯直接加热法安装前, 先将插口端外壁用锉刀加工成一小斜面。施工时, 打开喷灯均匀地加热管子承口端, 加热长度约为 1.2~1.6 倍的公称外径, 待其柔软后, 用两把螺丝刀 (或其他合适的扩口工具) 稍微扩口的同时插入被连接管子的插口端。加热法的扩口工具有汽油喷灯、螺丝刀等。

(2) 扩口加密封圈连接法。主要适宜于双壁波纹管 and 用弹性密封圈连接的光滑管材。管材的承口是在工厂生产时直接形成或生产出管子后再加工制成的, 为达到一定的密封压力, 插头外套上专用密封橡胶圈。

其特点基本与热软化承插法相同, 但接头密封压力有所提高, 可用于管道系统设计压力为 0.4 MPa (或更高) 的光滑、波纹管材的连接, 接头密封压力不小于 0.50 MPa。接头连接形式见图 7-5。

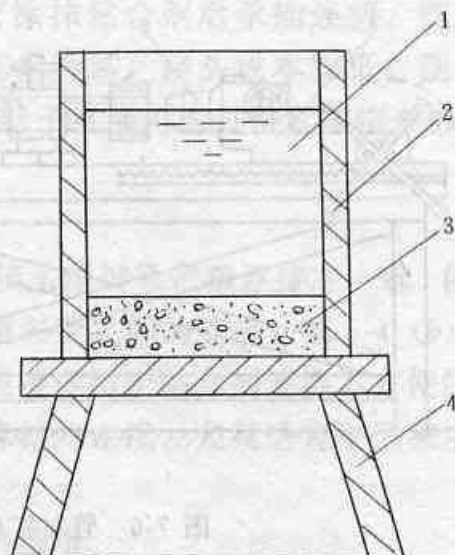


图 7-4 加热装置示意图
1—甘油或机油; 2—贮油筒;
3—砂石; 4—加热炉

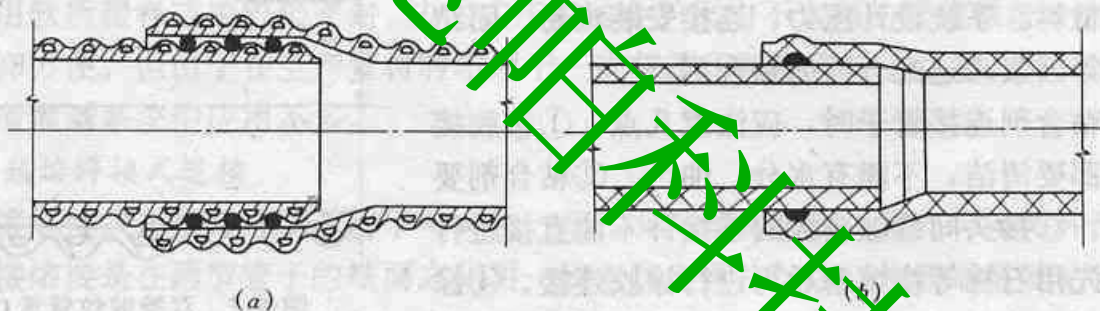


图 7-5 扩口加密封圈连接法接头连接
(a) 波纹管承插接头; (b) 光滑管承插接头

操作步骤: ①对于两端等径、平口的管子。施工前, 根据系统设计工作压力和管材的规格来确定承口长度, 并先加工承口。即, 将管子的一端浸入温度为 $130 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的热介质中软化 (或其他加热方式), 用直径稍大于管材外径的专用撑管工具 (见图 7-6) 插入已软化的管端, 加工成如图 7-7 所示的承口, 再运到施工现场进行连接安装。②出厂时已有承口的管材, 可直接进行现场承插连接。

(3) 胶接粘合式承插连接法。是利用粘合剂将管子或其他被连接物胶接成整体的一种应用较广泛的连接方法。通过在承口端内壁和插头端外壁涂抹粘合材料承插连接管段, 接头密封压力较高。

常用的粘合材料有胶接塑料的溶剂、溶液粘合剂和单体或低聚物三大类。①溶剂粘接, 利用溶剂既易溶解塑料又易挥发的特点, 把溶剂均匀涂抹在承口内壁和插口外壁上, 承插管子并将插口管旋转 $1/2$ 圈, 使两节管子紧紧地粘合在一起。硬聚氯乙烯常用的溶剂有环

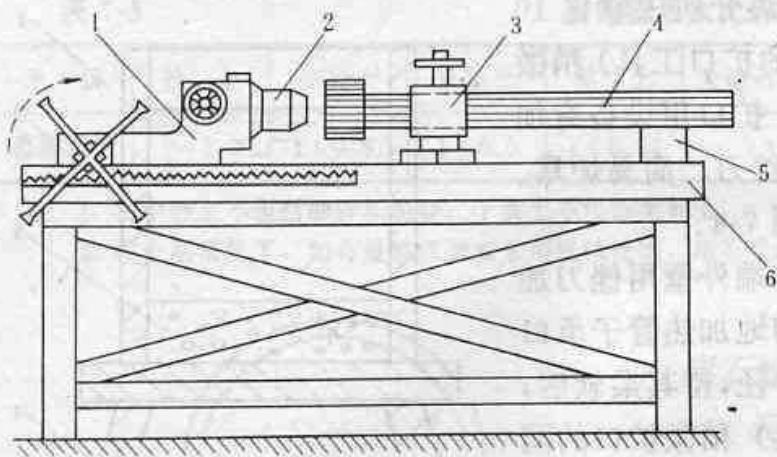


图 7-6 管材扩口设备

1—刀架；2—扩口器；3—夹钳；4—塑料管；
5—管支撑架；6—工作台

己酮、四氢呋喃、二氯甲烷等。②粘合剂胶接是利用与被胶接塑料相同或相似的树脂溶液来进行连接。硬聚氯乙烯可用重量比为 24% 的环己酮、50% 的四氢呋喃、12% 的二氯甲烷、6% 的邻苯二甲酸二辛脂、8% 的聚氯乙烯树脂配成的粘合剂进行连接。与溶剂粘接相比，粘合剂溶液中的树脂可以填塞胶接面上的微小孔隙，从而提高了胶接强度。另外，由于溶液粘合剂的粘度较纯溶剂大，挥发速度较纯溶剂小，因此对胶接施工比较方便有利。管道

灌溉系统中多采用此法。③利用单体或低聚物连接时，需在所用的单体或低聚物中加入催化剂和促进剂，以使其能在常温或稍微加热的情况下迅速固化。该方法除用于硬聚氯乙烯等热塑性塑料的胶接外，还可用于塑料与金属之间的胶接。

粘合剂的品种很多，除市场上出售的供选择外，还可自己配制。在管道灌溉系统中使用时，应根据被胶接管道的材料、系统设计压力、连接安装难易、固结时间长短等因素来选配合适的粘合剂。

使用粘合剂连接管子时，应注意几点：①被胶接管子的端部要清洁，不能有水分、油污。②粘合剂要涂抹均匀。③接头间缝隙较大的连接件不能直接进行连接，应先用石棉等物填塞后再进行涂胶连接。④涂有粘合剂的管子表面发粘时，应及时进行胶接，并稳定一段时间。⑤固化时间与环境温度有关，使用不同的粘合剂连接，其固化时间也大不相同。

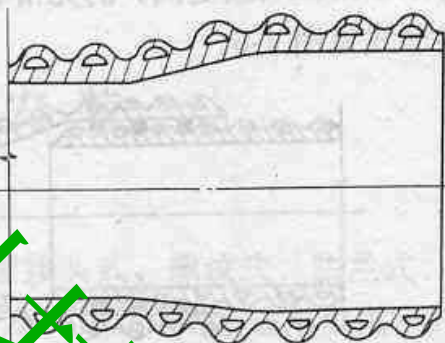


图 7-7 双壁波纹管承口

几种常见管材连接时所适用的粘合剂见表 7-4。

表 7-4

几种常见管材连接时所适用的粘合剂

连 接 管 材	适 用 粘 合 剂
聚氯乙烯与聚氯乙烯	聚脂树脂、丁腈橡胶、聚氨脂橡胶
聚乙烯与聚乙烯、聚丙烯与聚丙烯	环氧树脂、苯醛甲醛聚乙烯醇缩丁醛树脂、天然橡胶或合成橡胶
聚氯乙烯与金属	聚酯树脂、氯丁橡胶、丁腈橡胶
聚乙烯与金属	天然橡胶

2. 套管式连接

套管式连接是用专用套管将两节管子连接在一起，其接头的承压能力不应低于管材的公称压力。

连接时,将两节(段)管子用如图 5-3 所示的套管涂抹粘合剂后承插连接。图 5-3 (a) 为固定式套管,接头与管子连接后成为一整体,不易拆卸,接头成本较低;图 5-3 (b) 为活接头,接头与管子连接后也成为一整体,但管子与管子之间可通过松紧螺帽来拆卸,接头成本较高,一般多用于系统中需要经常拆卸之处。

3. 锁紧接头式连接

这种连接方式是将两节(段)管子用如图 5-4 所示的接头通过紧锁箍连接在一起,能承受较高的压力。图 5-4 (a) 锁紧接头主要用于塑料管与塑料管之间的连接,图 5-4 (b) 锁紧接头则用于塑料管与金属管之间的连接。锁紧接头式连接多用于粘合剂连接不方便的聚乙烯、聚丙烯等管材以及系统设计压力较高的聚氯乙烯管材的连接。尤其适宜于厂家生产的单根长度较长的管材连接。

此外,还有相应管径的各种三通、变径管、弯管等供选用。

4. 螺纹式连接

螺纹式连接多用于管径较小(不大于 75 mm)、管壁较厚(不小于 2.5 mm)的管材连接。其连接形式是将被连接管材一端加工成外螺纹,另一端加工成内螺纹,依次连接。

用螺纹连接的管子,由于管端套丝,其端部的强度有所降低,影响了管道的整体使用压力,选用时应考虑到这一点。

5. 法兰式连接

法兰式连接是将管子的两端焊接或热压法兰盘,用螺栓把两节管子连接在一起,两法兰盘间用软质塑料或橡胶垫密封。法兰式连接适合于压力不太高的管道系统,方法简单,连接、拆卸方便。但由于在生产管材时不便于一次将管子两端形成法兰盘,需二次加工,因此在管道灌溉系统中应用不多。

6. 热熔焊接式连接

热熔焊接式连接是将两节管子对焊在一起,有对接焊接和热空气焊接两种形式。

对接焊接是在两节管子的端面之间用一块电热金属片加热,使管端呈发粘状态,抽出加热片,再在一定的压力下对接,自然冷却后即牢固结合在一起。

热空气焊接是用热空气把接缝熔溶或用焊条把接缝焊合在一起。

热熔焊接式连接不便于野外施工,工程量较大时不便采用,一般多用于管道的修复。

二、软管的连接

软管的连接方法有揣袖法、套管法、快速接头法等。

1. 揣袖法

揣袖法就是顺水流方向将前一节软管插入后一节软管内,插入长度视输水压力的的大小决定至不漏水为宜。该法多用于质地较软的聚乙烯软管的连接,特点是连接方便,不需专用接头或其他材料,但不能拖拉。连接时,接头处应避开地形起伏较大的地段和管路拐弯处。

2. 套管法

套管法一般用长约 15~20 cm 的硬塑料管作为连接管,将两节软管套接在硬塑料管上,用活动管箍固定,也可用铁丝或其他绳子绑扎。该法的特点是接头连接方便,承压能力高,拖拉时不易脱开。

3. 快速接头法

软管的两端分别连接快速接头，用快速接头对接。该法连接速度快，接头密封压力高，使用寿命长，是目前地面移动软管灌溉系统应用最广的一种连接方法，但接头价格较高。

三、水泥预制管道的连接

水泥预制管材每节长 1~1.5 m，接头多，连接复杂，管路中只要有一节管道接头漏水，就会影响管线输水，为确保管线不渗不漏，管道接头的连接成为管道安装施工中的关键工序。首先，铺设的管道必须经过严格挑选，龄期应满 28 天，管材完整、光洁、无裂纹、无损伤。水泥预制管材的接头方法有多种，本节介绍两种比较经济实用，简单易行的连接方法，即纱布包裹砂浆法和塑料油膏粘结法。管口的主要型式有平口式和承插口式。水泥预制管与管件的连接除采用上述方法外，有时直接采用水泥砂浆连接。

(一) 平口式预制管的接头技术

1. 一纱二浆接头法

(1) 铺设管底砂浆及纱布。将管子放入基槽后，在两管对接处挖宽 10 cm、长 15 cm、深 3 cm 的弧形小沟槽，槽底铺放一层 1:3 水泥砂浆，上铺宽 10 cm、长略大于管外圆周长的纱布（约为 1.2 倍管周长），以便搭接，纱布上再铺一层砂浆，紧贴管底，如图 7-8 (a) 所示。

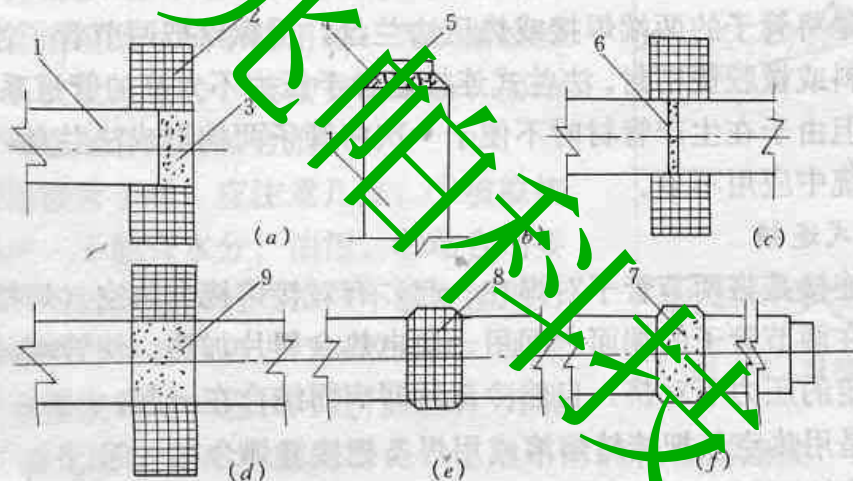


图 7-8 管子对接操作程序图

1—管子；2—纱布；3—管底砂浆；4—1:1 砂浆；5—内圆模；6—管口浆液；
7—纱布外 1:3 砂浆带；8—纱布包裹砂浆带；9—1:3 砂浆带

(2) 管子对接。竖起下一节管子，用钢刷清理管口，浇水湿润，管内放入铁制内圆模。内圆模露出管端 5 cm，管口抹 1:2 水泥砂浆。内圆模紧贴管内壁，以阻止砂浆挤进管内，见图 7-8 (b) 所示。砂浆拌好后，将管子对准前一节管口用力推上，挤出浆液，然后抹平管口溢出的浆液，见图 7-8 (c) 所示。

(3) 包砂浆带。在接口处抹一层 1:3 砂浆带，与管底砂浆衔接，见图 7-8 (d) 所示。拉起已铺好的纱布，包裹砂浆带，如图 7-8 (e) 所示，用瓦刀自下而上拍打，挤压纱布，使内层砂浆透出纱布网眼，再在纱布外抹一层 1:3 砂浆，使之与底层砂浆衔接好，压实、抹光表面，抽出管中内圆模，如图 7-8 (f) 所示。包裹的一层纱布，两层砂浆总厚约 2 cm，

宽 10 cm 左右。铺好的管子及管口接头要立即覆盖 20 cm 厚湿土养护，以防曝晒产生裂纹。水泥预制管平口接头剖面见图 7-9。

2. 塑料油膏接头法

塑料油膏是一种新型防水材料，即在有机化合物内掺入适量无机化合物加工而成。该材料粘结性强，耐低温，用于管道接头防渗，施工简单易行，不受季节气候影响。施工时，在管子两端抹一层经熔化并拌有水泥的粥状塑料油膏，对接挤紧两节管子，在管下槽内铺宽 10 cm、长大于管子外周的编织袋或土布，布上面均匀涂上油膏，管侧两人对面拉起布条，在布外沿管子周围抹压数遍，使油膏和管子紧紧粘在一起，管子上的布头涂上油膏搭接好，覆土自然养护。油膏接头见图 7-10。

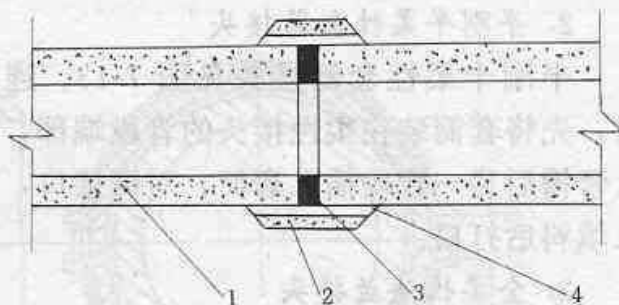


图 7-9 平口接头剖面示意图
1—预制管；2—砂浆；3—灰膏；4—纱布

(二) 承插口式预制管的接头技术

用 1 : 1 水泥砂浆沿承口斜面涂抹一周后，将插口对准承口用力承插，并检查管口是否吻合；对好后随时向管身中部两侧填土固定，防止管身滚动；然后用捣缝工具将 1 : 3 水泥砂浆分次捣入缝隙中，要做到填料密实；最后再用 1 : 2 的水泥砂浆沿承口外缘抹一个三角形封口体，并用瓦刀将砂浆压实。承插口接头见图 7-11。接头工序完成后，再覆 20 ~ 30 cm 厚湿土养护。

四、石棉水泥管的连接

石棉水泥管管壁薄，脆性比水泥预制管更大，其管口为平口式，连接方法主要有以下几种。

1. 全刚性套筒接头

全刚性套筒接头（见图 7-12）的填料采用油麻及石棉水泥。连接时，先将套筒一端安装在一管端上，然后与另一管端接头，放入填料后打口即可。

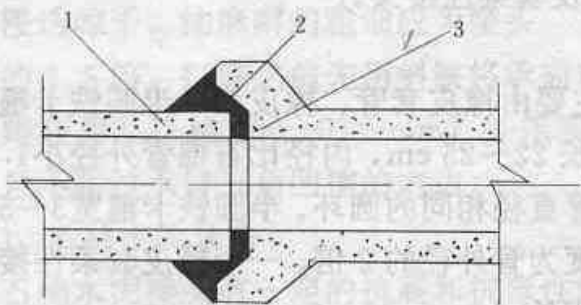


图 7-11 承插口接头示意图

1—管插口端；2—封口砂浆；3—管承口端

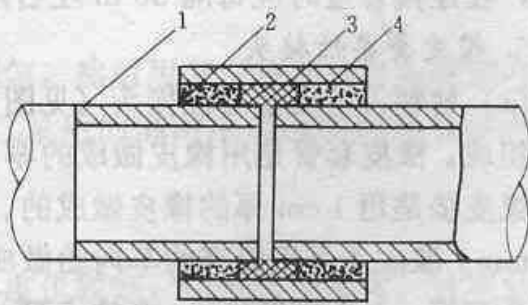


图 7-12 石棉水泥管全刚性接头

1—石棉水泥管；2—石棉水泥；3—填料；4—套筒

2. 半刚半柔性套筒接头

半刚半柔性套筒接头见图 7-13。连接时, 先将套筒装在柔性接头的管段端部, 下入管槽后另一管段插入套筒, 对准接口, 放入填料后打口。

3. 全柔性法兰接头

全柔性法兰接头 (见图 7-14) 是用铸铁法兰 1, 长螺栓 3 压紧两只橡胶圈 4, 以达到连接管段防止漏水的目的。这种连接方式具有弹性和活动的余地。

以上三种接头方式是已定形的接头方式, 接头材料均由厂家提供。对于一般土质, 厂家供应时一般按以下比例搭配: 全刚性/半柔性=3/1, 半柔性/全柔性=4/1。对于土质复杂的管槽, 应根据实际情况增加柔性或半柔性接头比例。

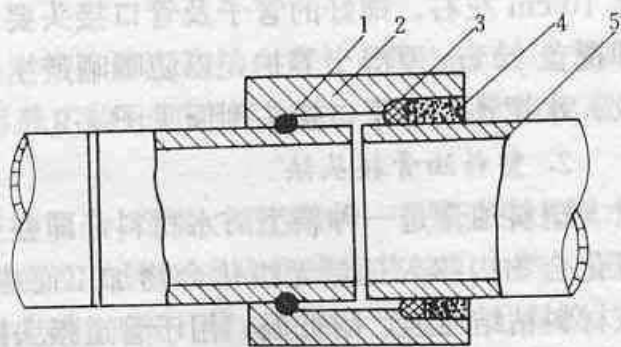


图 7-13 石棉水泥管半刚半柔性接头

1—橡胶圈; 2—半柔性套筒; 3—填料;
4—石棉水泥; 5—石棉水泥管

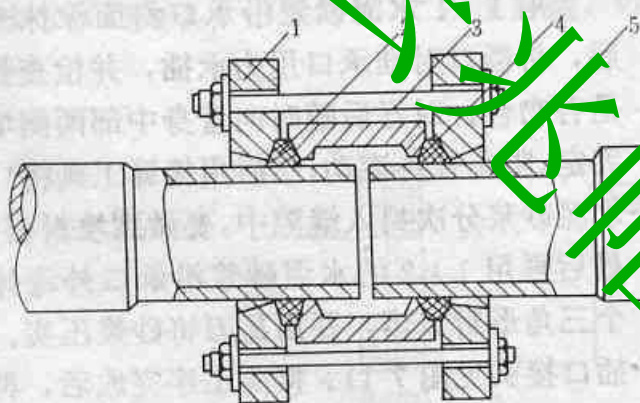


图 7-14 石棉水泥管全柔性接头

1—铸铁法兰; 2—套筒; 3—长螺栓;
4—橡胶圈; 5—石棉水泥管

4. 树脂刚性接头

(1) 树脂粘接剂有两种。一种配方为 6101 号环氧树脂 100 份, 乙二胺 12 份, 磷苯二甲酸二丁脂 15 份; 另一种配方为 6101 号环氧树脂 100 份, 聚酰胺 30 份。

(2) 粘接方法与步骤。准备两种粘接剂待用, 一种为纯粘接剂 A, 另一种为纯粘接剂 A 加 200 份水泥混合而成的粘接剂 B。粘接时, 先将管口刷净对齐, 然后用粘接剂 B 涂抹接口处, 再用 10 cm 宽的玻璃布边缠边涂粘接剂 A,

缠三层即可。气温在 15℃ 以上时, 放置 24 h 即可固化。

(3) 粘接注意事项。树脂刚性接头主要适用于小口径的管材连接。在粘接过程中应注意: 防水、防撞击, 以免发生裂缝; 配好的粘接剂应在 1 h 内用完; 树脂粘接剂本身收缩率较大, 在连接管道时应每隔 30 m 左右用一个橡皮套柔性接头。

5. 橡皮套柔性接头

(1) 材料。橡皮套柔性接头 (见图 7-15) 主要由橡皮套管、橡皮垫、半圆铁卡箍和橡皮条组成。橡皮套管是用橡皮做成的厚 5 mm、长 22~25 cm, 内径比石棉管外径小 1.5~2 cm。橡皮垫是用 1 cm 厚的橡皮做成的、与石棉管直径相同的圆环。半圆铁卡箍宽 3~5 cm, 厚 5 mm。橡皮条可用废弃的车内胎做成, 其长度为管外径的 2 倍。一个橡皮套柔性接头需用 1 个套管、1 个橡皮垫、4 个铁卡箍、1 根橡皮条。

(2) 安装方法。先把橡皮套的 1/2 套到石棉管的一端, 把剩下的 1/2 翻到已套好的 1/2 橡皮套上; 再将两节相接的石棉管口对齐, 把橡皮垫放在两节管的端面之间对紧, 用橡皮

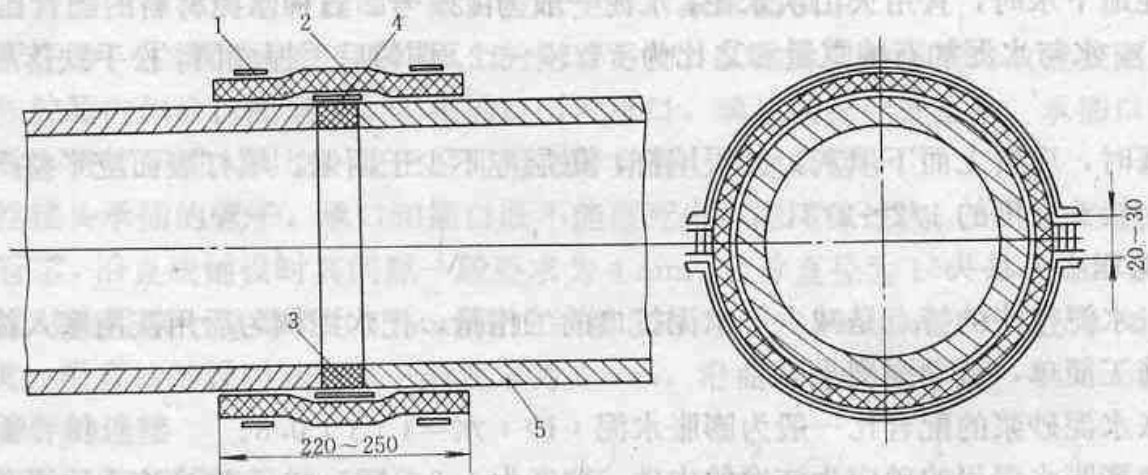


图 7-15 石棉水泥管用橡皮套柔性接头 (单位: mm)

1—铁卡箍; 2—橡皮套; 3—橡皮垫; 4—橡皮条; 5—石棉水泥管

条缠绕两层; 然后将翻过去的 $1/2$ 橡皮套翻过来压紧在上面; 最后用铁卡箍将橡皮套两头卡紧, 拧紧螺丝。卡箍的间距为 12 cm。

以上两种接头形式是在实践中探索出的比较简便实用的接头形式, 接头材料可以自己购买制作。

石棉水泥管与铸铁管或钢筋混凝土管相衔接时, 均应采用全柔性或半刚半柔性接头。

五、普通铸铁管及钢筋混凝土管的连接

铸铁管、钢筋混凝土管的连接多为承插式, 其接头形式有刚性接头和柔性接头两种。连接安装前, 应首先检查管子有无裂纹、砂眼、结疤等缺陷, 用喷灯或氧—乙炔焰烧掉管承口内和插口外的沥青, 并用钢丝刷将承插口清理干净。

承插接头常用的填料有水泥、青铅和油麻、橡胶圈、麻等。通常把油麻、胶圈等称为嵌缝材料, 把水泥、青铅等称为密封材料 (见图 7-16)。

(一) 刚性接头

嵌缝材料为水泥类的接头称为刚性接头, 刚性接头抗震动性能和抗冲击性能不高, 但材料来源丰富, 施工方法比较成熟, 是最常用的方法。

刚性接头的嵌缝材料主要为油麻。油麻要有韧性、纤维长、无麻皮, 用石油沥青浸透晾干。油麻辫的粗细应为接头缝隙的 1.5 倍。打麻之前先用斜铁将承插口间隙调匀, 然后用麻凿将油麻打入缝隙内。每圈麻辫应相互搭接 100~150 mm, 并压实打紧。打紧后的麻辫填塞深度应为承插深度的 $1/3$, 且不超过承口三角凹槽的内边。

1. 石棉水泥接头

石棉水泥接头有一定的抗震和抗弯性能, 密实度也较好, 但劳动强度大, 效率低。一般地基均可采用。

一般选用 4 级石棉绒, 纤维长度不短于 5 mm。水泥一般选用硅酸盐水泥、矿渣水泥,

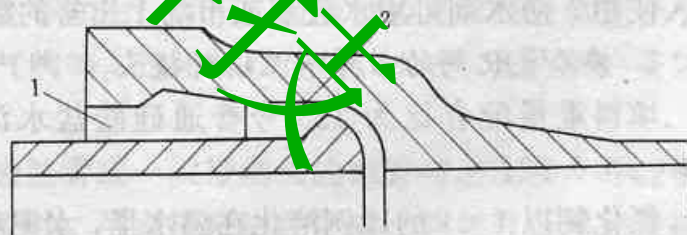


图 7-16 刚性接头的嵌缝和密封

1—密封填料; 2—嵌缝填料

如遇酸性地下水时,宜用火山灰水泥,水泥一般为 425 号。石棉水泥材料的配合比为 3 : 7 (重量比),水与水泥加石棉重量和之比为 1 : 10~12。调匀后手捏成团,松手跌落后散开即为合适。

填塞时,应自上而下填灰,分层填打,每层应不少于两遍。填打表面应平整严实。填塞深度为接头深度的 $1/2 \sim 2/3$ 。

2. 膨胀水泥接头

膨胀水泥接头的特点是减少了水泥打口的工作量,把水泥调匀后用灰凿塞入捣实抹平即可,施工简单,劳动强度小。

膨胀水泥砂浆的配合比一般为膨胀水泥 : 砂 : 水 = 1 : 1 : 0.3。

拌和膨胀水泥用的砂应为洁净的中砂,粒度为 1.0~1.5 mm,洗净凉干后再与膨胀水泥拌和。

膨胀水泥因水化比大,连接后应注意养护,夏季用水养护时间不少于 48 h,冬季养护时间不少于 72 h,且注意防冻。

3. 石膏氯化钙水泥接头

这种接头也是一种膨胀水泥接头,材料由工地现用现配,避免了膨胀水泥受存放期限限制的问题。石膏是膨胀剂,氯化钙是快凝剂。

接头嵌缝材料配比为水泥 : 石膏 : 氯化钙 = 0.85 : 0.1 : 0.05 (重量比),用 20% 的水拌和。拌和时,先将水泥和石膏拌和均匀,再将氯化钙溶于水中,最后再用氯化钙水溶液与石膏水泥拌和。一次拌和料只供一个接头使用,在 10 min 左右的时间内必须用完,否则将会失效。

4. 添刷防水剂的石棉水泥、纯水泥填料接头

施工时,在嵌缝材料填打之前,可在防水剂中浸泡 1~2 min,每道捻打灰料后,在捻打的灰料表面上涂刷防水剂一遍,分层捻打,分层涂刷,一般养护 1~2 h,管道系统即可投入使用。防水剂可用水玻璃或市场上出售的混凝土防水药水。

5. 掺添氯化钙的石棉水泥填料接头

填料重量配合比为 425 号普通硅酸盐水泥 : 石棉绒 : 无水氯化钙 (纯度为 75%) = 9 : 1 : 0.02。

氯化钙以 1 : 1 的比例溶化在温水里,水泥和石棉绒混合拌匀,再加入上述水溶液拌和均匀,按石棉水泥填料法操作捻打。捻口完毕后 30 min 即可投入运行,可承受 0.3 MPa 的水压力。

6. 不捻打快速填料接头

该法所用材料及配比为 425 号普通硅酸盐水泥 : 半水石膏 : 无水氯化钙 = 100 : 10 : 5。水灰比与膨胀水泥砂浆填料相同。配料时,先将水泥和石膏混合均匀,然后用 1 : 1 氯化钙水溶液拌和灰料,接头操作同膨胀水泥接头。接头施工完毕后 2 h 可通水。

以上介绍的 6 种刚性接头方法,前 3 种主要用于正常施工时使用,后 3 种主要用于工程抢修时使用。

(二) 柔性接头

使用橡胶圈作为止水件的接头称柔性接头。橡胶圈具有较好的可塑性,因此柔性接头

能适应一定量的位移和震动。胶圈一般由管材生产厂家配套供应。

施工程序为：①清除承插口工作上的附着污物。②向承口斜形槽内放置胶圈。③在插口外侧和胶圈内侧涂抹肥皂液。④将插口引入承口，确认胶圈位置正常、承插口的间隙符合要求后，将管子插入到位，找正后即可在管身覆土以稳定管子。

用柔性接头承插的管子，承口和插口既不能顶死也不能间隙过大。对于公称直径小于 75 mm 的管道，沿直线铺设时其间隙一般要求为 4 mm；公称直径为 100~250 mm 的管道，沿直线铺设时其间隙一般要求为 5 mm，沿曲线铺设时为 7~13 mm；公称直径为 300~500 mm 的管道，沿直线铺设时其间隙一般要求为 6 mm，沿曲线铺设时为 10~14 mm。

六、管件的连接

材质和管径均相同的管材、管件的连接方法与管道连接方法相同；管径不同时由变径管来连接。材质不同的管材、管件连接需通过加工一段金属管来连接（见图 7-17），接头方法与铸铁管连接方法相同。

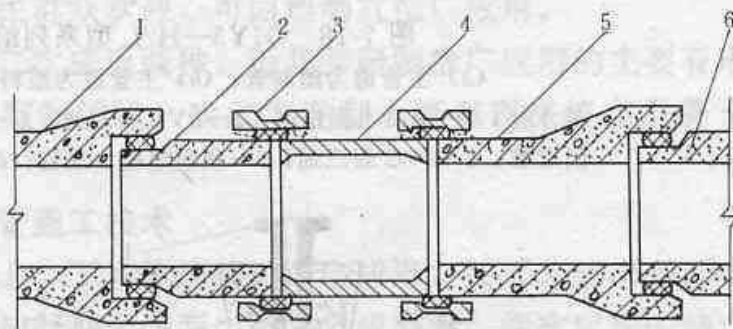


图 7-17 管件连接示意图

七、附属设备的安装

附属设备的安装方法一般有螺纹连接、承插连接、法兰连接、管箍式连接、粘合连接等。这些连接方法中有的拆卸比较方便，如法兰连接、管箍连接、螺纹连接等；有的拆卸比较困难或不能拆卸，如承插连接、粘合连接等。在工程设计时，应根据附属设备维修、运行等情况来选择连接方法。

公称直径大于 50 mm 的阀门、水表、安全阀、进（排）气阀等多选用法兰连接；给水栓则可根据其结构形式，选用承插或法兰连接等方法；对于压力测量装置以及公称直径小于 50 mm 的阀门、水表、安全阀、进（排）气阀等多选用螺纹连接。水表、压力表的安装可参考第六章。

与不同材料管道连接时，需通过一段钢法兰管或一段带丝头的钢管与之连接，并应根据管材的材料采取不同的方法。与塑料管连接时，可直接将法兰管或钢管与管道承插连接后，再与附属设备连接。与混凝土管及其他材料管连接时，可先将钢法兰管或带丝头的钢管与管道连接后（连接方法可参考钢筋混凝土管连接方法），再将附属设备连接上。

（一）承插连接

以 G1Y3—H/L 型系列平板阀移动式给水栓为例。该系列给水栓可用于塑料管道、混凝土管道、外护圬工管道等系统，与地下管道连接方式如图 7-18 所示。①地下主管道为塑料管时，立管可用塑料管或现浇混凝土管，连接方式如图 7-18 (a)、(b)。②地下主管道为混凝土管时，连接方式如图 7-18 (c)。

（二）法兰连接

以 G3B1—H 型平板阀半固定式给水栓和阀门为例。施工安装时，给水栓通过法兰、三通与地下主管道连接（见图 7-19）。阀门则通过金属法兰短管与管道连接。

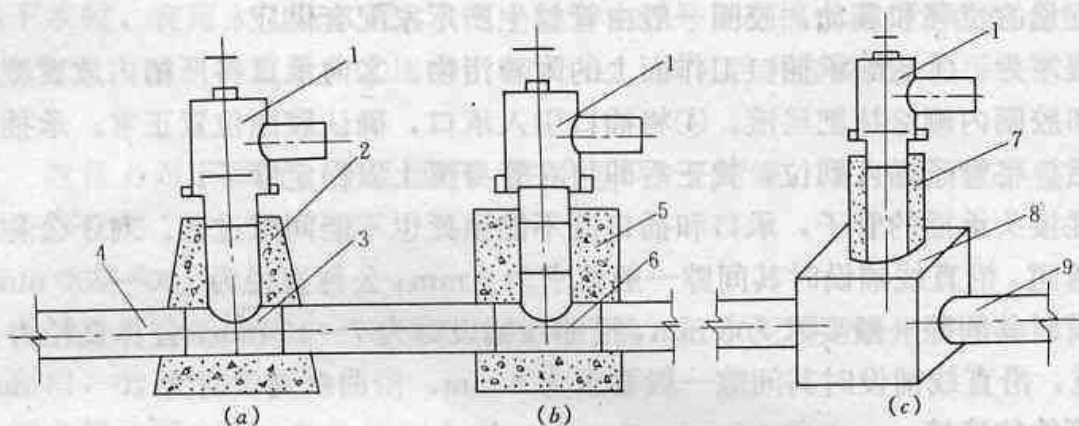


图 7-18 G1Y3-H/L 型系列给水栓与管道的连接

(a) 主管道为塑料管；(b) 主管道为塑料管；(c) 主管道为混凝土管

1—给水栓；2—混凝土固定墩；3—PVC 长三通；4—PVC 地下管道；5—现浇混凝土立管兼固定墩；6—PVC 短三通；7—预制混凝土立管；8—混凝土三通；9—地下混凝土管道

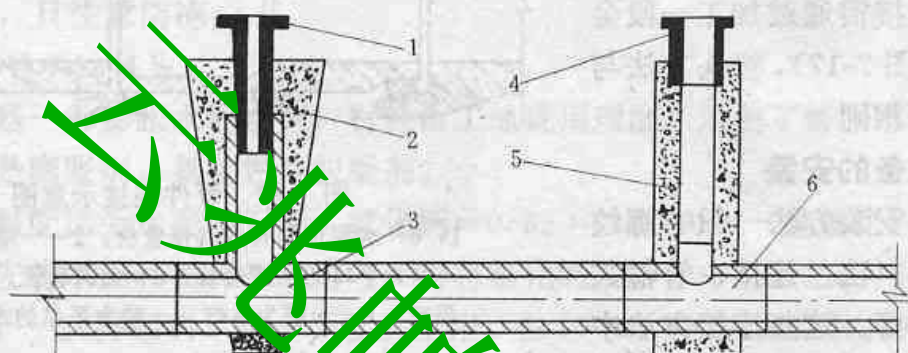


图 7-19 G3B1-H 型给水栓与地下管道的连接

1—铸铁长法兰立管；2—混凝土固定墩；3—PVC 长三通；4—铸铁短法兰；5—现浇混凝土立管；6—PVC 短三通

八、首部安装

使用潜水泵的管道工程，首部安装主要是水泵与管道的连接，为便于维护水泵，一般采用法兰连接。使用离心泵的工程，首部枢纽一般包括水泵、电机、控制阀门等，它们的连接也多是采用法兰或螺纹连接。

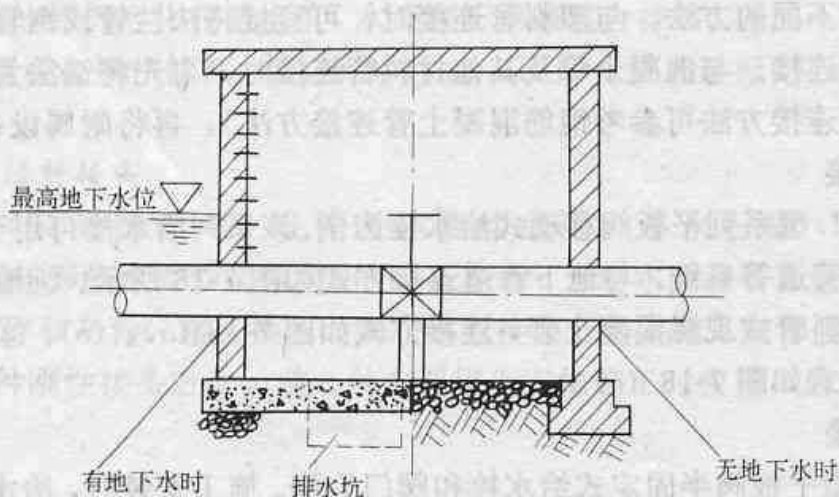


图 7-20 阀门井示意图

九、其他附属设施的施工

其他附属设施包括阀门井、镇墩等。阀门井一般用砖砌筑（见图 7-20），其尺寸应以方便操作及拆装阀门来确定。

第四节 现场连续浇筑混凝土管施工技术

现场连续浇筑混凝土管，简称现浇管，是指现场浇筑成形的素混凝土管、水泥砂浆管或灰土管等。这类管材的突出特点是在现场连续浇筑成形，整体性好，施工速度快，又可广泛采用当地材料，造价低廉，受到农民群众欢迎，可因地制宜推广应用。

现浇管按成形工艺分有一次成形和二次成形两种。近几年研制推广应用的主要有电动滑模现浇二次成形混凝土管、WD—Ⅲ型制铺机一次成型混凝土管和现浇流态混凝土管材等。

一、电动滑模二次成形现浇混凝土管施工技术

电动滑模二次成形现浇混凝土管分上、下半管浇筑，两次成形，按工艺要求保证在兩半管的结合部位均匀抹浆，并在混凝土初凝期内使兩半管复合成整管，两次成形的结合部位具有足够的抗拉强度和抗渗性能。该施工技术的特点在于上、下半管滑模均安装振动器，保证了骨料饱满出浆，特别是在采用了对下半管内缝及上半管外壁均匀抹浆的工艺措施后，不仅使管材外观光洁，而且也大大提高了管材的抗渗性能。经抽样测试，由 C18 混凝土制成的管径 200 mm、壁厚 40 mm、管长 7 m 的试验段，承受 0.3 MPa 的内水压力时，不渗、不裂，爆破压力在 0.51 MPa 以上。

（一）材料及配比

管材采用素混凝土一级配骨料，用搅拌机拌和，内径 150 mm 和 200 mm 管径采用 C13 混凝土，内径 250 mm 和 300 mm 管径采用 C18 混凝土，水灰比控制在 0.50~0.65 之间；防渗水泥砂浆由人工拌和，水泥：中砂=1：3（体积比），水灰比为 0.7。表 7-5 给出了现浇混凝土管道材料参考用量。

表 7-5 现浇混凝土管道材料参考用量

管 径 (mm)	设计 强度 等级	水泥 标号	水灰比	材料用量 (kg/m ³)					管材材料用量 (kg/m)				
				水泥	砂子	水	石 子		水泥	砂子	水	石 子	
							粒径 0.5	粒径 1~2				粒径 0.5	粒径 1~2
200	C13	325	0.5	327	773	164	487	649	9.46	22.34	4.73	14.91	18.88
250									11.14	27.91	5.73	17.60	22.17
300									13.40	31.60	6.73	19.90	26.60

（二）滑动模具及施工设备

滑动模具及施工设备包括上、下半管滑动模具（见图 7-21、图 7-22）、牵引机、开沟设备和附属设备等。牵引机采用无级变速装置，链条配合齿轮传动，由辊筒卷动 $\phi 6.5$ 钢丝绳，经升降杆滑动分别牵引模具滑行和开挖土模。机身由滚轮拖动前进，分段作业。开沟设备包括简易开沟铲（见图 7-23）和土模开挖校正器（见图 7-24）。附属设备包括搅拌机、空气

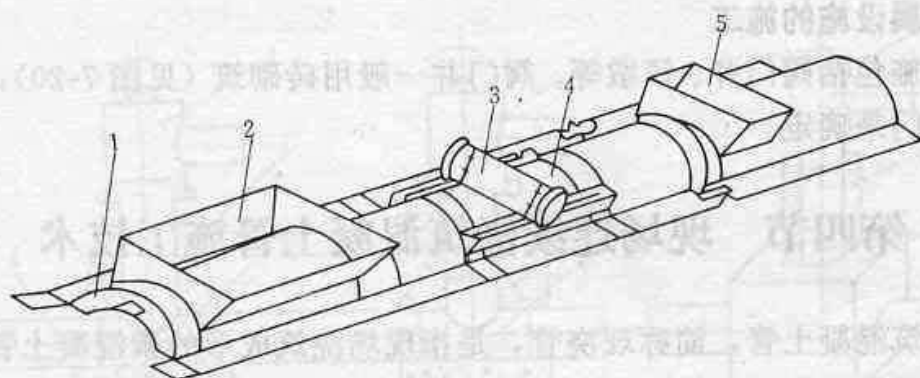


图 7-21 上半管滑动模具

1—牵引环；2—混凝土进料口；3—振动器；4—排气孔；5—砂浆进料

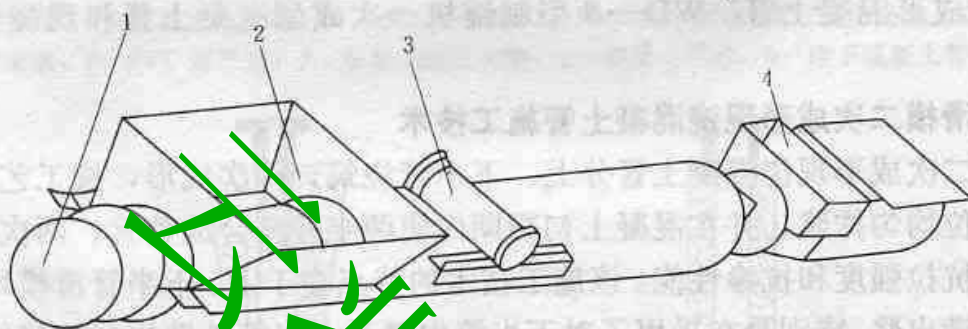


图 7-22 下半管滑动模具示意图

1—牵引环；2—混凝土进料口；3—振动器；4—砂浆进料

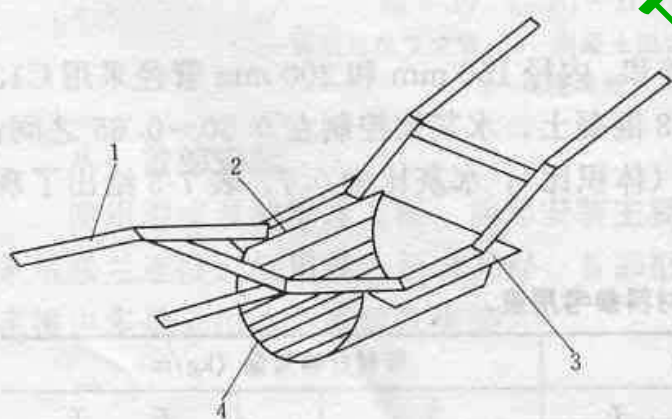


图 7-23 简易开沟铲

1—把手；2—托板；3—铲身；4—铲刃

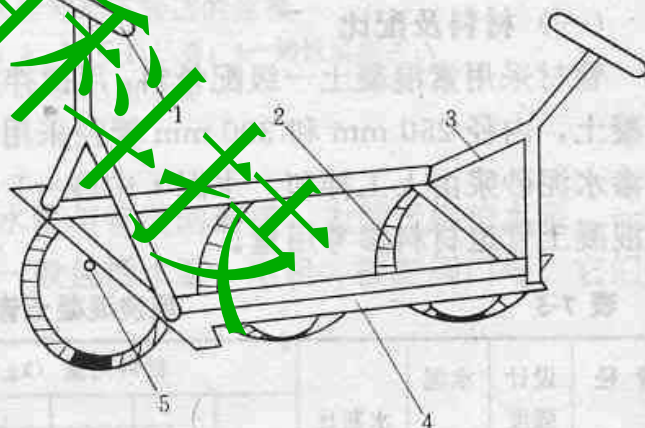


图 7-24 土模开挖校正器

1—把手；2—钢箍；3—操作架；4—托板；5—牵引环

压缩机、移动式柴油发电机组、橡胶囊、圆堵头和送料车等。

(三) 管道施工工艺

施工时由牵引机分别牵引上、下两半管滑动模具沿土槽方向连续施工。进料、振捣、成形、抹浆四道工序同时进行，一次浇筑。在混凝土初凝时间（约 20~25 min）内，上、下两半管复合成圆，完成长 24 m 管道的浇筑过程。

1. 基槽开挖

基槽宽、深各 0.8 m，竖直下挖，一侧弃土至槽上肩 0.3 m 以外。另一侧作为临时施

工道路，以备管道施工。

基槽底部平整度是决定管道施工质量的基础环节，因此，一定要保证基槽底部平直、密实、干净，以备开挖下半管外土模。

2. 下半管外土模开挖

在高程符合设计标准的槽底，按管道外径放线，由专业开挖人员组织开挖外模。先用圆头锹沿管道中心线粗挖，下挖深度不得超出管外圆半径，然后再用土模开挖校正器修整成形。开挖后的下半管外土模要求平直、圆滑、密实、干净，经验收合格后方可进行管道施工。

3. 下半管浇筑

(1) 首端浇筑。将整圆堵头放置在土外模首端，人工向模内送料。送料长度为下半管模具成形段尾部至料口长度(1.8 m)，骨料厚度5 cm。做到骨料与土模底部、两侧附着均匀，上部与土模肩平即可，为连续浇筑做好准备。

(2) 下半管整体浇筑。将下半管的成形段放置在已送完骨料的下半管虚方段上，再将牵引机钢丝绳末端的挂钩与模具导正段的牵引环连接，启动振动器，振至管道两壁均匀出浆，然后指挥牵引机操作人员启动牵引机，牵引速度一般控制在0.8~1.0 m/min左右(视管壁均匀出浆确定牵引速度)。送料人员在基槽上方连续向料口送料。当下半管滑出0.7 m时，再将抹浆段与成形段挂接，送料、振捣、抹浆、滑行一次进行，连续浇筑下半管。浇筑一次施工24 m，施工速度控制在0.50 m/min左右。

4. 胶囊充气与管接头处理

表 7-6 胶囊规格及使用条件参照表

直径 (mm)	长度 (m)	温度 (℃)	使用压力 (MPa)	备 注
120	12	20	0.10	浇筑三通及 给水栓用
150	12	20	0.08	
200	12~24	20	0.07	
250	12~24	20	0.05	
300	12~24	20	0.045	
150	1.5~12	20	0.08	

(1) 胶囊充气。下半管浇筑完后由空气压缩机给胶囊充气至额定工作压力(见表7-6)，切忌过压充气，胶囊进气量要用压力表检测。充气达到使用压力后，将胶囊顺直铺在下半管内壁上作为管道内模。

(2) 接头处理。管道接头为半圆错位接头。结合部要防止杂物附着，在清洗干净后，采用200号水泥砂浆互接。

5. 上半管浇筑

(1) 首端浇筑。向下半管结合部均匀抹上0.3 cm厚的200号水泥砂浆，人工用抹灰刀向胶囊周围送5 cm厚度的混凝土骨料，送料长度为1.5 m，然后将上半管成形段合在骨料上，固定振捣至排气孔出浆为止，注意要人工压紧整圆堵头，不可移位。

(2) 上半管整体浇筑。将成形段首端的牵引环与牵引机挂钩连接，由牵引机牵引、送料、振捣、滑行同步进行。滑动过程中，将抹浆段于成形段挂接，装配施工。施工时，一人在基槽内模上操作振动器倒顺开关，控制电动机的启动或停止，同时指挥牵引机操作人员与之密切配合。振动器电机旋转方向要与滑动方向相同。基槽上方固定二人向混凝土进料口进料，一人向砂浆送料口送料，做到连续均匀进料，否则应及时调整。上半管滑模底部的挡料板要插入土模肩下4 cm深度，以保证两半管结合部封闭振捣，掌握滑模水平托板始终与土模肩平为宜，上半管施工速度一般控制在1.5~2 m/min。

6. 回填土及处理渗漏点

(1) 回填土。管道上半管脱模 4 h 后, 回填湿土至管顶以上 10~15 cm 厚, 待管网试水修补后, 填土至原始地面。

(2) 处理渗漏点。施工中操作不慎, 管道局部振捣不实, 杂草、土块混入或胶囊漏气等会造成管道出现漏眼。试验和运行中发现渗漏时, 可在管道承受较低的内水压力下进行补漏。现介绍几种简易的补漏方法: ①用 711 型速凝剂补漏。在水泥砂浆内掺入 711 型速凝剂, 掺量为水泥的 3%, 5 min 初凝, 10 min 终凝, 停机补漏, 不影响当日灌水。②水泥砂浆补漏。用钢丝刷清洗砂漏点, 停机后用 1:2~1:2.5 水泥砂浆填补, 后填湿土, 用脚踩平, 待 24 h 后放水运行。③若管道上方有少量积水, 难以排出, 可利用 150 号水泥砂浆直接倒入 1:3 的氧化钙水中, 再用脚踩平填土, 24 h 后即可放水。④如水泵正常抽水时发现渗漏点, 可先选用红铝土堵塞渗漏点, 然后用 150 号水泥砂浆贴补并填土, 24 h 后继续放水运行。⑤也可用塑料油膏及防渗胶泥止漏。

7. 施工工艺要点

(1) 管道施工中, 要由搅拌机拌和混凝土骨料, 不可人工拌和。

(2) 下半管浇筑, 要达到管上沿饱满出浆, 且抹浆段均匀, 对管内和管上沿涂抹 200 号水泥砂浆。两半管结合部如涂抹不匀, 须进行人工涂抹后, 方可浇筑下半管, 否则易造成两半管结合部出现漏眼。

(3) 基槽开挖中, 若遇岩石、砂层、软土, 则需向管底以下开挖 20 cm 深度, 并在槽内重新回填好密实的土料, 方可开挖下半管土外模。

(4) 上半管浇筑, 应掌握抹浆段前管壁饱满出浆为宜。如出现蜂窝状, 可适当降低牵引速度加大水灰比, 待管壁均匀、饱满出浆后正常施工。

(5) 抹浆段用砂要严格用 0.5 cm 筛孔的筛子筛后拌和水泥砂浆。

(6) 管道施工要组织专业队伍进行, 各种机具要由专人管理, 及时进行维修养护, 以保证管道施工的顺利进行。

(四) 管材的规格及技术经济指标

1. 规格及性能指标

符合井灌区低压管道输水灌溉工程需要的电动滑模二次成形现浇管的规格及性能指标见表 7-7。

表 7-7

电动滑模二次成形现浇管的规格及性能指标

公称内径 (mm)	壁 厚 (mm)	混凝土强度等级	抗渗压力 (MPa)	爆破压力 (MPa)	工作压力 (MPa)	糙率 n
150	35	C13	0.30	0.65	0.20	0.014
200	35	C13	0.30	0.56	0.20	0.014
250	40	C18	0.30	0.41	0.20	0.014
300	40	C18	0.30	0.27	0.15	0.014

2. 经济指标

利用电动滑模现场浇筑混凝土管道, 显著的提高了管灌工程的施工速度和成管质量, 降低了工程造价, 减轻了劳动强度, 经济效益显著。在砂、石材料丰富的地区, 有着广阔的

发展前景。

测试结果表明：二次成形现浇管较土渠输水可节水 42%，节地 2.5%~2.8%，年节电 32.55kW·h。内径 200 mm 的管道，15 人一台班，制管速度 50 m/h，日进度 400 m 以上，较原有机具人工制管生产效率提高 4 倍。

二、WD—Ⅲ 型制管机一次成形现浇混凝土管

(一) WD—Ⅲ 型一次成形制管机构造

WD—Ⅲ 型一次成形制管机（见图 7-25）主要由牵引环、前进料斗、下部振动钢模、振动器和振动架、后进料斗、上部振动钢模、托板、加强肋、连接板、机罩、配电板等部件组成。

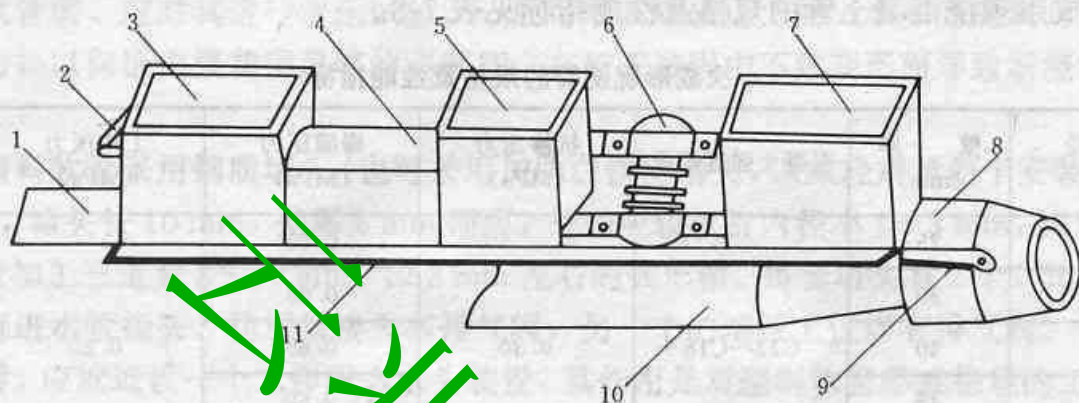


图 7-25 WD—Ⅲ 型一次成形制管机结构简图

1—抹光器；2—抹光器送料斗；3—配重箱；4—渐变段；5—上部送料斗；6—振动器；7—下部送料斗；8—机头；9—牵引环；10—下部振捣器；11—滑板

(二) 管道施工工艺

1. 制备混凝土

平原井灌区低压输水管道一般工作压力为 0.10 MPa 左右，可用 400 号水泥放入 300 L 搅拌机中，制成 C13 混凝土，材料重量配比为水泥：砂子：石子=1：3.9：4.9，水灰比控制在 0.5 左右。因管壁厚度有限，石子粒径应为 3~8 mm，并冲洗干净；砂子为过筛中粗砂。材料中可掺入粉煤灰以提高其和易性和不透水性，但用量不得超过水泥用量的 15%。

2. 施工组织

每台班 20 人，分地模沟开挖、混凝土拌和、材料运输、制管四个组。

3. 施工程序和方法

(1) 施工沟开挖。沟宽 1 m、深 0.8~1.0 m（埋深应大于当地冻土层），一侧弃土于沟边 0.5 m 外。在沟底中心开半圆形地模沟，尺寸等于管道外径。地模沟用地模沟样板模和开沟铲修整清理干净。对于砂壤土还应在地模沟上铺放一层废旧塑料薄膜，以防渗漏。

(2) 在地模沟内铺放橡胶囊，充气使压力达 0.25~0.30 MPa。在尼龙橡胶囊外加套一层油脂纯胶囊，利用其收缩性强，不仅有利于放气后抽出胶囊，而且可减少磨损，延长胶囊使用寿命。

(3) 将充气胶囊穿入管道制铺机, 启动卷扬机并及时向上、下进料斗喂料, 机器拖过即铺制出全圆管道。

(4) 在管道两侧封潮湿土与管顶平, 第二天再加封土 10~20 cm, 然后放气抽出胶囊, 继续浇筑下一段管道。

(5) 管道浇筑完成后即可砌筑小水塔、分水阀、三通、分水短管、出水口等附属建筑物。冬季施工管道需养护 28 天, 其他季节可适当缩短。特别干燥时, 应在封土上适当加水。凝固期满后试水检查, 漏水处涂以标志, 停水后刷净凿毛, 用 1:2 砂浆修补, 3~5 天后再次试水检查, 至不漏水方可回填土封沟。

(三) 管道的规格及性能指标

一次成形现浇混凝土管的规格及性能指标见表 7-8。

表 7-8

一次成形现浇管的规格及性能指标

公称内径 (mm)	壁 厚 (mm)	混凝土强度等级	抗渗压力 (MPa)	爆破压力 (MPa)	工作压力 (MPa)	糙率 n
110	25	13~C18	0.30	0.65	0.20	0.015
150	30			0.65		
200	40			0.65		
250	45			0.60		
300	45			0.60		

(四) 施工技术关键

(1) 为保证下半管进料, 前进料斗应有足够的长度, 料斗侧面板与下部管钢模处加大空隙, 使混凝土料易于流下。

(2) 上半管进料, 应将上半部钢管模的前部做成渐变管, 前边张开, 后边收缩, 这样混凝土料就能顺利进入上半管钢模内。

(3) 进料斗的形状应做成上大下小, 保证进料畅通。

(4) 要严格保证钢模的刚度。如下部管钢模变形, 上翘则管壁厚, 浪费材料; 下栽会使管壁变薄, 达不到设计要求, 所以应在钢模两侧设计加强肋。

(5) 试验结果表明: 在机器前、后各装一台振动器, 可保证达到设计振动要求。

(6) 振动架采用 70×7 的角钢焊制, 与振动器接触的面一定要平整, 用螺栓牢固地把振动器固定在振动架上。否则, 在 600 kg 振动力的作用下, 很快就会把螺栓振断。

三、现浇流态混凝土地下管材

现浇流态混凝土地下管材, 是以可拔出重复使用的充水塑料软管为内模, 以流态混凝土在地槽中直接灌注自流形成地下输水管道的技术。其特点是, 出水口间无接头, 管道整体性好, 管壁密实、均匀, 含适量微气泡, 抗渗性、抗冻性、耐久性好, 管道内表面光洁、糙率小, 水流条件好, 管道造价低, 施工简单方便。

(一) 施工技术

(1) 土槽开挖。土槽挖成复式断面, 母槽在上, 深度略大于当地冬季冻土层深, 宽度为地下混凝土管外径加 0.8 m, 管两侧各 0.4 m。子槽在下, 居中, 沟宽等于管外径或略大,

以利于修槽器修成上直下圆的马蹄形。子槽应顺直，表面修压平整，最好用圆柱形木夯击实，以防止浇筑时掉土，影响管道质量。

(2) 预留伸缩变形缝。为适应温度变化引起的伸缩及不同土质引起的不均匀沉降，现浇地下管宜每 20~30 m 长设一伸缩变形缝，缝宽 1.5~2 cm，可用两个套在一起的硬泡沫塑料环隔成，两环间夹闭合的环形橡胶或塑料止水圈，厚 2~3 mm，宽 100 mm，伸缩变形缝处 20 cm 长度内的管壁应适当加厚，以提高该处的抗压能力。

(3) 内模充水。现浇流态混凝土地下管道所用的充水内模为聚乙烯薄壁软管，可根据现浇混凝土管内径选择相应的软管。目前市售的聚乙烯薄壁软管的折径一般为 140~400 mm，壁厚 0.35~0.45 mm，特殊尺寸的软管可到厂家定制。

使用软管前，应对其进行液压试验。一般可取其爆破压力的一半作为浇筑时充水内模的工作压力，以保证内模获得足够的刚硬度，在施工过程中不致变形而导致新浇混凝土变形或裂缝。

充水塑料软管采用钢质堵头（也可采用加肋白铁皮堵头，以减轻重量便于安装操作，并降低造价），堵头长 10 mm，壁厚 5 mm 即可；外径应较软管内径小 2~3 mm，以利于软管套入；外壁加工三道宽 8~10 mm，深 2 mm 左右的弧形槽。每套堵头有 2 个，其中一个的端板上焊有进水管接头、稳压器接头和排气阀，另一个的端板上仅焊有排气阀。

充水时，应就近设一个工作压力水头装置，其作用是对塑料软管形成稳定的工作压力，使之充水到设计压力。方法是安装一个钢筋或木支架，上面放置水桶，使其上口水位至充水内模中心的高差等于设计软管工作水头高度。为防止堵头被水压挤出，塑料软管与堵头连接时，可在堵头表面的弧形槽中缠绕几层电工橡胶布，再套软管并用细铅丝顺弧形槽绑扎紧。如止水不彻底，可在稳压储水器上方放置一带龙头的补水器，按堵头漏水量的大小向稳压储水器中不断补水，以保证水压稳定。

(4) 现浇与脱模。将合理配比的流态混凝土浇筑完成后，内模的脱除是现浇流态混凝土地下管道施工的关键工序之一。为保证顺利脱模，软管表面应涂洗衣粉等脱模剂，并用小型单相自吸泵或手摇高压喷雾器接在堵头进水管嘴上抽排水，以使软管内形成负压，促使软管全长径向均匀脱模。低压管道灌溉出水口的间距一般为 30~60 m，为保证管道的整体性，该段管应一次成型，这样充水软管的长度就会达到 30~60 m。

(二) 流态混凝土合理配比的确定

(1) 骨料。为了尽可能降低现浇管混凝土造价，砂石料应根据当地材料的具体情况选用。平原地区可采用粉细砂，山丘地区及山前平原区可选用中、粗砂、砾石、轧制石屑或粒径较小的碎石。

(2) 水泥。一般可采用 425 号普通硅酸盐水泥。但采用外加剂拌制流态混凝土时，矿渣水泥更有利于混凝土后期强度的提高。

(3) 外加剂。用于浇筑地下低压管道的流态混凝土要求具有以下特征：①具有坍落度不低于 22~24 cm 的高流动性。②抗渗标号不低于 S2。③有良好的保水性和粘滞性，不泌水、不离析。④具有早强性，以保证常温下充水软管内模能在 16~24 h 前安全脱模，以利于及时周转。为此必须掺用合适的流化剂、早强剂和引气剂，并优化其混合比。

选用的流化剂应对混凝土有较强的减水、塑化、引气和缓凝等功能，对新拌混凝土和

硬化混凝土能综合改性。

选用的早强剂应有较强的早强和防冻功能，能显著提高混凝土在常温、低温和负温下的强度，对新拌混凝土还应有显著的减水、塑化、促凝和增强作用。

(三) 管壁厚度的确定

流态混凝土低压管道系统是在野外直接于土壤中灌注成形，其壁厚不宜过小，可按仅受内水压力的壁厚圆筒确定计算：

$$\delta = pd / (2[\delta]) \quad (7-4)$$

式中： p 为现浇混凝土管道的工作压力，MPa，一般采用 0.20 MPa； d 为现浇混凝土管内径，mm； $[\delta]$ 为混凝土抗拉设计强度，MPa。

混凝土强度等级可采用 C8 或 C13，国家规范中 $[\delta]$ 值分别为 0.65 MPa 和 0.90 MPa。前苏联学者克列恩在其著作《地下管计算》中建议：混凝土管除工厂和搅拌站预制外，其他情况 $[\delta]$ 应取较低值。流态混凝土地下管道系统是由群众现场施工，故 $[\delta]$ 采用较低值。不同管径的流态混凝土地下管的计算壁厚及推荐采用的壁厚如表 7-9 所示。

表 7-9

流态混凝土管的计算及推荐壁厚

管径 d (mm)	工作压力 p (MPa)	C13/C8 $[\delta]$ 值 (MPa)		计算壁厚 δ (mm)		推荐采用壁厚 δ_0 (mm)	
		规范值	克氏建议值	规范值	克氏建议值	C13	C13
100	0.20	0.90/0.65	0.52/0.40	11.1/15.4	19.2/25.0	20	25
125				13.9/ 9.2	24.0/31.3	25	30
150				16.7/23.1	28.8/37.5	30	40
175				19.4/26.9	33.7/43.8	35	45
200				22.2/30.8	38.5/50.0	40	50
250				27.3/38.5	48.1/62.5	50	65
300				33.3/46.2	57.7/75.0	60	75

第五节 试水回填与竣工验收

管道系统铺设安装完毕后，必须进行水压试验（俗称试水），符合设计要求后方可回填。

一、试水

(一) 试水的目的与内容

1. 试水的目的

试水的目的是试验检查管道的强度、接口或接头的质量等是否符合设计要求，并及时处理出现的问题，防患于未然。

2. 试水的检验内容

试水的检验内容主要包括强度试验和渗漏量试验。

(1) 强度试验主要是检查管道的强度和施工质量。试验压力一般为管道系统的设计压力，保压时间与管道的类型有关，对于塑料管道和水泥预制管，其保压时间一般要求不小

于1 h,对于现场浇筑的混凝土管,其保压时间一般要求不小于8 h。

(2) 渗漏量试验主要是检查管道的漏水情况。渗漏损失量应符合管道水利用系数要求,一般不能超过总输水量的5%。

(二) 试压前的准备工作

(1) 备齐各种试压用具。试压设备及装置见图7-26。

(2) 堵塞试压管段中所有已安装的三通与管段端口,并做好后背支撑。支撑面积大小,应根据管径、试验压力、土质情况计算确定。支撑面应与管中心线垂直。采用一个支撑点时,应支撑在管段面的正中心点上。支撑物与承压物应相互垂直。采用多点支撑时,必须均匀布置。支撑物一般用于千斤顶或活动支撑,支撑力要保证能够均匀地传到承压物的全部面积上。为保证支撑稳定,特殊配件两侧必须用土填实。千斤顶两侧也应加固,以防失去稳定。

(3) 安装排气管(孔),便于管道充水时排除管内空气。排气管应装在管道的最高点。排气管直径以20 mm左右为宜。

(4) 进行管道冲洗。试压前应自上而下逐级冲洗管道,并按管道设计流量冲洗,直到出水口流出清洁的水为止。冲洗过程中及冲水结束后,应检查管道情况,做好冲洗记录。

(三) 试水验收标准

渗漏量测定,试验前管内需充水24 h。试验时先将水压升至设计压力,保压时间不少于10 min(为保持压力恒定,此间允许向管内充水),检查管桩、管件、接口阀门等,如未发生破坏或明显的渗漏水现象,则可同时进行渗漏量试验。渗漏量试验,是观察试验压力下单位时间内试验管段的渗水量,当渗水量为一稳定值时,此值即为试验管段的渗漏量。试验过程中,如未发生管道破坏,且渗漏量符合要求,即认为试水合格,可回填。

试水时,应沿线检查渗漏情况并做好记录并标志,以便于维修。试水不合格的管段应及时修复,在修复处达到试水要求后,可重新试水,直至合格。

二、回填

管槽回填应严格按设计要求和程序进行。回填的方法一般有水浸密实法、分层压实法等,但不论采用哪种方法,管道周围的回填土密实度都不能小于最大密实度的90%。

1. 水浸密实法

回填土至管沟深度一半时,将管沟填土每隔一定距离(一般为10~20 m)打一横埂分隔成若干段,然后分段进行充水。第一次充水1~2天后,可进行第二次回填、充水,使回填土密实后与地表相平。

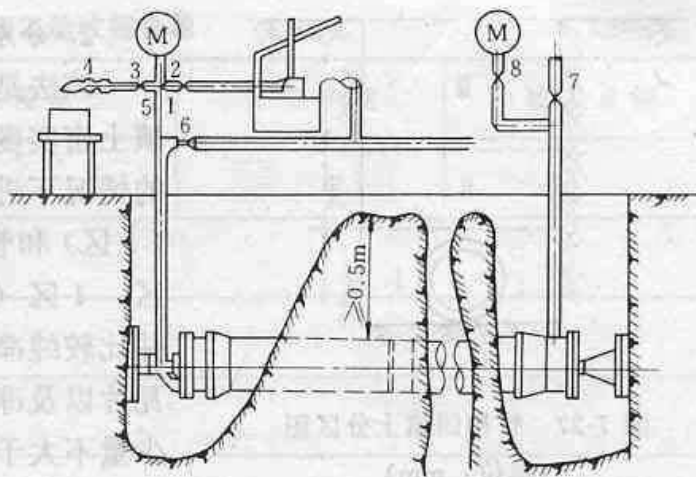


图7-26 管道试压装置示意图

注:①从水源向试验管道送水时,开放6、7号阀门,关闭5号阀门。②用水泵加压时,开放1、2、5、8号阀门,关闭4、6、7号阀门。③不用量水槽测渗水量时,开放2、5、8号阀门,关闭1、4、6、7号阀门。④用量水槽测渗水量时,开放2、4、5、8号阀门,关闭1、6、7号阀门。⑤用水泵调整3号调节阀时,开放1、2、4号阀门,关闭5号阀门。

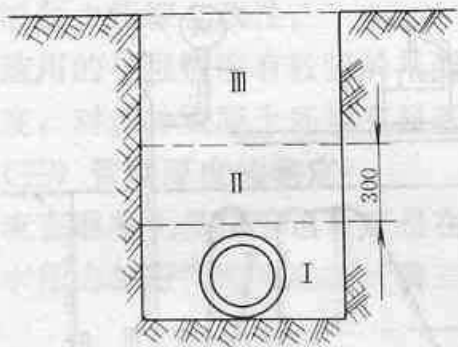


图 7-27 管槽回填土分区图
(单位: mm)

2. 分层压实法

该法是分层回填、分层夯实(见图 7-27),使回填土密实度达到设计要求。管槽回填应在管道充水的情况下进行。一般分两步回填,第一步回填管身(I区)和管顶以上 300 mm(II区),第二步回填 III区。I区(包括操作坑或接头坑)和 II区应用松散并比较纯净的土,不能抛填。回填土不得含有砖、石、瓦片以及冻土和大的硬土块等。其余部分允许用有少量不大于 150 mm 的砖、石、硬土块进行回填。第一步回填的土应均匀摊开,每层土厚不超过 300

mm,并需仔细夯实,密实度分别要求达到 95%(I区)与 85%(II区)。管身和接头部分的回填要求两侧同时进行。第二步回填时,每次回填厚度亦不能超过 300 mm,夯实后密实度根据管路情况确定。特殊要求的地方还需用砂土回填。考虑回填后的沉陷,回填土应略高于地面。

三、竣工验收

竣工验收的目的是全面检查 and 评价工程质量,考核工程施工是否符合设计要求,能否正常运行并交付用户应用。

1. 竣工文件的准备

工程验收前应提交以下文件资料:

- (1) 全套设计报告,包括全套设计图纸、文字说明及方案变更记录等。
- (2) 竣工图和报告及工程决算。
- (3) 试压资料和试运行情况报告。
- (4) 有关操作、管理规定和意见等。

控制面积 2 hm^2 以下的小型工程,可只提交设计报告、竣工图纸及管理要求等。

2. 竣工验收

验收工程应由主管部门组织有关技术领导部门、设计单位、施工单位、使用单位或用户代表等参加的验收小组来进行。验收小组应对水源一直到田间出水口逐一进行检查,并填写“工程竣工验收报告单”(见表 7-10),合格后方可验收,然后正式将工程交付使用单位投入运行。

四、编写竣工验收报告

按照上述程序和内容进行全面检查和验收后,验收小组应对验收情况进行整理分析和总结,写出验收报告。验收报告的内容一般包括:

- (1) 验收概况。
- (2) 工程质量评价。
- (3) 对工程运用意见及建议。
- (4) 验收结论及参加竣工验收代表名单(签名)等。

所有的验收材料,包括设计书、竣工验收报告等应由设计、施工、使用单位各保存一套,同时送上级主管部门一套存档,以备查阅。

表 7-10

工程竣工验收报告单

工程名称	工程地点	工程单位	开工日期	竣工日期
三、管理单位意见 野 音 计 委 章八第				
验收内容及评价	水源工程			
	机 房			
	管 道			
	附属设备			
	建筑物			
	管理组织			
	管理规章制度			
设计单位意见	验收负责人：_____ 年 月 日			
施工单位意见	验收负责人：_____ 年 月 日			
使用单位意见	验收负责人：_____ 年 月 日			
主管部门意见	验收负责人：_____ 年 月 日			

第八章 运行管理

管道输水灌溉工程同其他水利工程一样，必须正确处理好建、管、用三者关系。建是基础、管是关键、用是目的。在保证管道系统建设质量的前提下，只有管好用好才能充分发挥农业增产效益，因此，管道灌溉工程的运行管理显得尤为重要。要加强管理，必须建立、健全管理组织和管理制度，实行管理责任制，搞好工程运行、维修与灌溉用水管理。

第一节 管理组织与制度

一、建立健全管理组织

多年实践证明，欲使管道输水灌溉工程延长使用寿命、降低灌溉成本，正常发挥效益，必须建立健全专业机制，确定管理体制、调动管理人员的积极性和责任感。根据灌区的规模及类型，建立相应的灌溉管理组织，配备专管人员。

对于固定性的工程设备如水源、管道、机泵等，不论是国家所有或集体所有，都应在上级统一领导下，实行分级管理。对小型移动式管道灌溉系统，在乡（村）统一领导下，可实行专业承包。乡镇和国营管理单位都要按照企业管理的要求，尽快实现经费自给。

二、实行管理责任制

管理责任制有多种形式，如专业队承包、专业户承包制等。

（一）建立管道灌溉专业队

为管好用好管道灌溉系统，除建立专管机构外，还必须依靠群众性的灌溉专业队（组），实行专业承包，方能获得实效。

1. 灌溉专业队的组成

一般以村为单位，由村干部、若干机井管理员与部分灌水员组成，由村干部和老机手任正副队长。

2. 灌溉专业队的任务

（1）四统管。对全村的水源（如机井、塘坝）和机泵、管道，统一调度使用；以机井（泵站）为单位实行计划用水，由专业队统一购油、贮油（供电、用电），按机型和控制面积分配油（电）指标；机泵的大修由专业队统一负责，小修由专业户负责；机具配套和挖掘水源，由专业队统一实施。

（2）三监督。监督灌溉承包合同执行情况；监督浇地质量，不断改进灌水技术；监督用水农户按规定缴纳水费。

（二）实行专业承包制

对于小范围的灌溉面积，可实行专业户承包。村委会将水源、机具承包到户，实行单机核算，由专业户与用水户签订合同。村委会将机具维修好后，作价保值，承包给机井管

理员使用，并按实际情况划定灌溉面积。机泵、管道、机房及工具等一切设施均由专业户负责看管和养护；按用水计划给用户浇地，做到浇透灌匀；按规定合理征收水费；村委会要对专业户制定管理措施。

三、管理考核内容

对于灌溉专业队或承包专业户，要由上一级管理部门制订管理考核标准。管道灌溉系统管理标准可按以下规定进行考核评比：

- (1) 机泵管道配套完好率（90%~95%）。
- (2) 灌水定额，单位时间，灌水总量，灌溉面积。
- (3) 浇地成本。
- (4) 水费征收情况与维修费用。
- (5) 机手做到“三懂”（懂机械性能、懂操作规程、懂机械管理）和“四会”（会操作、会保养、会维修、会排除故障）。
- (6) 对机手应实行“一专”（固定专人）、“五定”（定任务、定设备、定质量、定维修消耗费用、定报酬）的奖惩责任制。

第二节 工程运行与维修

工程运行与维修的基本任务是保证水源工程、机泵、输水管道及建筑物完好、正常运行，延长工程设备的使用寿命，发挥最大的灌溉效益。

一、水源工程的使用与维修

对水源工程除经常性的养护外，每当灌溉季节前后，都应及时清淤除障或整修。

对以水源为机井（指筒井、管井和筒管井）的管理，要做到以下几点。

(1) 机井井口配置保护设施，修建井房，加设井台、井盖，以防止地面积水、杂物对井水的污染。

(2) 掌握机井的技术指标，如井深、井管倾斜度、井空、砂层垂直分布、水位、出水量和水中含沙量等，以便科学地使用机井，合理开采地下水。

(3) 在机井使用过程中，要注意观察水量和水质的变化。若发生异常现象，如出水量减少，水中含沙量增大，应立即查清原因，采取相应的洗井、维修、改造及其他措施。

二、机泵运行与维修

(一) 机、泵运行

1. 开机前的检查和准备

(1) 检查内容。在开机前要进行一次细致的检查，检查的主要有：①水泵和电动机是否固定良好。②联轴器两轴是否同心，间隙是否合适；用皮带传动的要检查两个皮带轮是否对正。③各部位的螺丝是否有松动现象。④用手转动联轴器或皮带轮，看转动是否灵活，如果内部有摩擦响声，应打开轴盖检查处理。⑤用机油润滑的水泵，检查油位是否合适，油质是否符合要求。⑥带底阀水泵的浸没水深度。⑦检查机泵周围是否有妨碍运转的物件。⑧电动机和电路是否正常。

(2) 准备内容。①离心水泵在开机前要灌满清水。②出水管路上有闸阀的离心泵，开机

前要关闭闸阀，以降低起动电流。③深井泵开机前要往泵里灌一次清水，以润滑橡胶轴承。④用皮带机传动的水泵，要把皮带挂好，检查皮带松紧情况，并调整合适。

2. 开机后注意事项

开机运行后机泵是否正常运行，应注意以下几点：

- (1) 各种量测仪表是否正常工作，特别是电流表，看指针是否超过了电动机额定电流。
- (2) 机泵运转声音是否正常，如果振动很大或有其他不正常的声音，应停机检修。
- (3) 水泵出水量是否正常，如果出水量减小，应停泵查找原因。
- (4) 用皮带传动的水泵，若发现皮带里面发亮，水泵转速下降，应立即擦上皮带油；当皮带过松时应停机调整。
- (5) 填料处的滴水情况是否正常（每分钟 10~30 滴水为宜），如不滴水或滴水过多，应调整螺丝的松紧。
- (6) 水泵与水管各部分是否有漏水和进气现象，吸水管应保证不漏气。
- (7) 轴承部位的温度（以 20~40℃ 为宜，最高温度不超过 75℃）如果发现异常现象，应立即停机检修。
- (8) 电动机升温情况，避免超过电动机的允许温度。
- (9) 如机泵发生故障，要弄清故障发生的地方和部位，找出原因，及时拆卸修理。

3. 停机和停机后注意事项

- (1) 停机时，应先关闭启动器，后拉电闸。
- (2) 设有闸阀的离心泵，停机前应该先关闭闸阀再停机，以减少振动。
- (3) 长期停机或冬季使用水泵后，应该打开泵体下面的放水塞，将水放空，防止锈坏或冻坏水泵。
- (4) 停机后，应该把机泵表面的水迹擦净以防锈蚀。
- (5) 停灌期间，应把地面可拆卸的设备收回，经保养后妥善保管。
- (6) 在冻害地区，冬季应及时放空管道。

(二) 机泵维修

要延长机泵的使用寿命，除了正常操作外，还要进行经常和定期的维修。

- (1) 经常保持井房内和机泵表面干净。
- (2) 经常拧进拧出的螺丝，要用合适的固定扳手操作；不常用的螺丝露在外面的丝扣，每 10 天用油布擦一擦，以防锈固。
- (3) 用机油润滑的机泵，每使用一个月加一次油；用黄油润滑的，每使用半年加一次油。

- (4) 机泵运行一年，在冬闲季节要进行一次彻底检修，清洗、除锈去垢、修复或更换损坏的零部件。

(三) 柴油机运转中注意事项

柴油机同水泵一样，启动前必须做好准备工作，当启动并进入正常运转后，为防止机器出现故障，机手必须注意以下事项：

- (1) 随时注意各仪表的读数是否在规定范围内，如果机油压力突然降低，或油压低于 9.8 N/cm^2 时，应立即卸去负荷，使柴油机中速运转，以便继续观察。必要时应停车检查，

待故障排除后方可继续工作。

(2) 经常观察柴油机排气的颜色、声音、气味是否正常。

(3) 油门操作要平稳，不可忽大忽小。

(4) 检查燃油消耗情况，不要等用完后自行停车再加，以免油路进入空气。

(5) 不允许柴油机长时间超负荷工作和超速运转。

(6) 工作中应尽量使负荷均匀，保持柴油机转速稳定。

三、管道运行与维修

(一) 固定管道运行与维修

1. 防止水击的运行措施

水具有惯性和压缩性，在管道放水和停机时，都会产生涌浪和水击。如果管道压力急剧上升或下降，易发生爆管。因此，防止产生水锤，保护管道安全运行是管道管理中的一项重要内容。

(1) 开机时，严禁先开机后开出水口。首先应该打开排气阀和计划放水的出水口，必要时再打开管道上其他出水口排气，然后开机供水充水。当管道充满水后，缓慢地关闭做为排气用的其他出水口。

(2) 管道为单孔出流运行时，当第一个出水口完成输水灌溉任务，需要改用第二个出水口时，应先缓慢打开第二个出水口，再缓慢关闭第一个出水口。

(3) 管道运行时，严禁突然关闭出水口，以防爆管和毁泵。

(4) 管道停止运行时，应先停机后关出水口，同时借助进气阀、安全阀或逆止阀，防止产生水锤。

2. 灌水方式

按灌水计划的轮灌次序分组进行输水灌溉，不可随意打开各支管控制闸门，最好由近而远或由远而近逐块灌水。在第一轮灌组结束之前，应将第二轮灌组控制阀门和出水口打开，然后再关闭第一组控制阀门和出水口。

3. 管道维修

管网运行时，若发现地面渗水，应在停机后待土壤变干时将渗水处挖开露出管道破损位置，按相应管材的维修方法进行维修。

(1) 硬质塑料管，材质硬脆，易老化。运行时注意接口和局部管段是否损坏漏水。若发现漏水应立即处理。一般接口处漏水，可利用“4105”或“4755”专用粘接剂堵漏；若管道产生纵向裂缝漏水，需要更新管道。

(2) 双壁波纹管多在接口处发生漏水现象。处理方法：一是调正或更换止水橡胶环；二是用专用粘接剂堵漏。

(3) 水泥制品管一般容易在接口处漏水。处理方法：一是用纱布包裹水泥砂浆法或混凝土加固；二是用柔性连接修补。现浇混凝土管由于管材的质量或地面不均匀沉降造成局部裂缝漏水现象的处理方法：一是用砂浆或混凝土加固；二是用高标号水泥膏堵漏。

(4) 地埋塑料软管，一般在软管折线处和“砂眼点”漏水。处理的方法是：用硬塑料管或软管予以更换，衔接处管段要有一定长度。更换后充满水回填灰土。

4. 管件与附属设备的维修

(1) 给水装置。多为金属结构，要防止锈蚀，每年要涂防锈漆两次。对螺杆和丝扣，要经常涂黄油，防止锈固，便于开关。

(2) 分水池。起着防冲、分水和保护出水口的作用。发现损坏应及时修复；在出水池外壁涂上红、白色涂料，引人注目，防止损坏。

(3) 保护装置。如安全阀、进排气阀、逆止阀等，要经常检查维修，保证其安全、有效的运行。

(二) 移动塑料软管运用与维修

1. 运用方式

(1) 与固定管道给水栓连接，做为末级管道向畦田输水灌溉。

(2) 与水泵出水口直连，做为一级管道向畦田输水灌溉。

2. 运用时注意事项

移动塑料软管的管壁薄、强度低、易损坏，运用时应注意：

(1) 使用前，要认真检查管的质量，并将铺管路线平整好，以防尖锐物体扎破软管。

(2) 使用时，管子要铺放平整，严禁拖拉，以防破裂。

(3) 软管跨沟应架托保护，跨路应挖沟和垫土保护，转弯要缓慢，切忌拐直弯，以免充水时管道打折。

(4) 用后清洗干净，卷好存放。

3. 软管维修

(1) 若管壁有“小口”漏水，可用塑料薄膜贴补。

(2) 若管壁有“小眼”漏水，可用专用粘合剂修补。

4. 软管保存

软管在光、氧、热的作用下易老化，应加强保管。

(1) 用后要放在室内空气干燥、温度适中的地方。

(2) 软管要平放，防止重压或磨坏软管折边；非灌溉季节在室内尽可能要悬挂，以防老鼠咬坏。

(3) 不要将软管与化肥、农药等有气味物质存放在一起，以防软管粘连。

第三节 灌溉用水管理

用水管理是整个管道灌溉管理中的一项重要而且复杂的工作，必须认真做好。

一、灌水计划的安排与实施

1. 科学安排灌水计划

根据拟定的作物灌溉制度，科学安排灌水计划、合理分配不同轮灌组的水量、灌水时间、灌水次序、作好全面计划安排等。每次灌水前，还要根据当时作物生长及土壤墒情的实际情况对计划加以修改。

2. 提高灌水质量

(1) 要求灌水量不能超过灌水定额，并将定额的水量均匀的施入田间，切忌大水漫灌，防止深层渗漏和沿程损失，提高水的利用系数，降低能源消耗。

(2) 提高灌水技术，灌水畦田化。灌水定额确定后必须有与之相适应的畦田规模、畦长、畦宽、入畦单宽流量和改口成数。据试验，在地形坡度 $1\% \sim 10\%$ 、土壤入渗系数 $30 \sim 200 \text{ mm/h}$ 时，一般畦长选取 50 m 左右，对于入渗系数较小、坡度较大的地块，畦长应取长些，反之应取短些，单宽流量可取 $4 \sim 6 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ，改口成数取 $8 \sim 9$ 成，畦宽视水源条件和横向比降而定，一般取 $1.5 \sim 3.0 \text{ m}$ 。

二、征收水费

制订水费标准，合理征收水费，是搞好田间用水管理，实行节约用水的重要措施。

(1) 制订水费标准。水费包括：管理人员工资、动力能源（油、电）消耗费、机具设备维修费以及工程设备折旧费。核算灌水成本，制定水费标准，按标准征收水费。水费标准要根据上级有关文件条款制定。

(2) 合理征收水费。安装水表和电表（或油表），以水或以电（或油）计价，实行计量收费，使浇地成本与用户利益直接挂钩，促进节约用水，改进田间灌水技术，提高灌溉效益，从而达到节水、节能、增产的目的。

(3) 对于点播用水量入供水管网的饮水工程，实行抄表收费，按核定的饮用水价格收取。

(4) 对于点播水量未入供水管网的饮水工程，其点播用水可按亩次收费。

(5) 对于结合饮水工程进行管道输水灌溉的要有用水计量设施，按实际用水量和核定的水费标准收费。

(6) 对于纯灌溉工程一般应有量水设施，按实际用水量和核定的水费标准收费。对于暂不具备按方收费条件的也应对用水量做出估计记录，根据供水时间或灌溉面积折算水量收费。

(7) 水费管理。征收的水费要有专账记录，开支只能用于本项目工程，其支出符合有关规定。结余部分存入银行，做为管道灌溉工程的维修基金，任何人不得挪用。

(8) 水费征收与管理对于单村及联村工程提倡乡镇统管，跨乡镇灌溉工程由上一级水行政主管部门统管。

三、建立灌溉用水档案

为了提高灌溉用水管理水平，应建立灌溉用水和运行记录档案，及时填写灌溉计划、机泵运行和田间灌水记录表。每次灌水结束后，都应根据记录进行有关技术指标的统计、计算和分析。记录的内容应包括：灌水计划、灌水时间（开、停机时间）、种植作物、灌溉面积、灌溉水量、机泵型号、泵流量、畦田规格、改畦成数、水费征收、作物产量及承包管理人员等，由此可分析灌溉用水管理水平。

第九章 经济效益分析

水利经济计算是研究水利工程建设是否可行的前提，是从经济上对工程方案进行分析的依据。所有水利规划或水利工程的可行性研究和设计，都必须进行相应深度的经济分析计算工作，规划设计文件都必须包括有关计算和评价内容。因此，管道输水灌溉工程应按《水利经济计算规范》的计算方法和基本准则进行经济效益分析，目的在于从经济上衡量管道输水灌溉工程是否可行，最终以最小的代价（自然资源、原材料、设备、动力、劳力和时间）取得最大的工程效益。在进行经济效益分析计算的过程中应对所付费用（包括投资和运行费）及其所得效益用货币指标表示。

第一节 投资费用

投资费用是经济效益分析中的主要数据之一，是指工程达到设计效益所需要的全部建设费用，包括国家、集体和群众等各种形式的投入。如主体工程、配套工程、占地、赔偿，以及设计、科研等方面所投入的一切费用。

计算工程投资时，要将各部分工程分别列出，同时要根据投资和投入时间的不同，列出各年投入数量。一般小型农田水利工程，投资多是一次性的，当年投资，当年见效。管道输水灌溉多数为一次性投资，少数为连续几年投资建成。管道灌溉工程虽属基本建设工程，但大都属于国家补助、群众受益的工程，工程的全部投资应计入当地平均劳动价值和国家补助费用的差额部分。

管道输水灌溉工程的投资费用如表 9-1 所示。目前，一般不包括水源工程建设费，只计管材费、管件费、施工费及其他材料费用等。此外，还应包括勘测费、规划设计费、施工临时占压土地的损失费用以及其他小型购置和零星支出。计算时，材料与工日费用应以当地合理价格进行计算。

管材费除管材本身购置费外还应包括运输费和装卸费。

管件费包括出水口、给水栓、弯头、三通、四通、排水口、进排气阀、安全阀、闸阀、井泵的上水管与管道连接装置等。

施工费包括短途运输、装卸、挖沟开槽、接管用工、加固给水栓、出水口、回填及配水建筑物的用工及材料费和竣工试水验收等费用。

在老灌区（井灌区、渠灌区）原有的井、库、塘、机泵、井房的投资均不计入，投资费用只计算新增加的管道工程费用。但若管道建设必须对原有机泵进行测试改造，其费用应该计入。

为与老灌区的经济效益分析统一，在新灌区（井灌区、渠灌区）的水源建设、配套工程打井、库、塘、坝建设、配套建筑物、机房的投资，均可不计入投资费用之中。

表 9-1

投资费用汇总表

单位: 元

管 材 费			管件费	施 工 费						勘 测 设计费	其 他 材 料 及 小 型 购 置 费	合 计
管 材 购置费	运输费	装卸费		短 途 运输费	挖沟及 回 填 用工费	接 管 用工费	临 时 占 地 赔偿费	附属设备、 建筑物 施工费	检 查 试 水 用工费			

第二节 年 运 行 费 用

年运行费用是指水利工程设施在正常运行期间, 每年所需要的费用。包括工程管理费, 燃料动力费, 维修费, 人员工资及水资源费用等。在进行财务分析时, 年运行费用还应包括税金、保险费等, 如使用地面移动管道还应计入其更新费用。年运行费计算如表 9-2。

表 9-2

年运行费用汇总表

单位: 元

燃料、动力费	维修费	管 理 费				浇地用工费	软管更新费	合 计
		行政费	管理机构 人员工资	观测试验 费、咨询费	技术培训			

(1) 燃料动力费。系指用于管道输水所耗用的油、电等费用, 与各年实际运行情况有关。一般根据灌区内平水年或多年平均提水量、净扬程、机泵综合效率和能源单耗计算出年均耗能量, 再根据能源单价计算出年耗能量, 油、电价格可在现行价格的基础上, 考虑当地的议价和国家的补贴情况进行合理调整。

(2) 工程维修费。是指维修、养护工程设施所需的费用, 包括日常维修养护、岁修和大修费用, 一般以年平均修理费率计算。管道输水灌溉工程(包括机井)的工程维修费常在工程总投资的 1%~4%之间。工程折旧费率参考表 9-3。

表 9-3

水利工程固定资产基本折旧和大修费率表

固定资产分类	折旧 年限 (a)	净残值 占原值 (%)	年基本 折旧率 (%)	年平均大 修理费率 (%)	固定资产分类	折旧 年限 (a)	净残值 占原值 (%)	年基本 折旧率 (%)	年平均大 修理费率 (%)
一般砌筑引水灌溉渠道	50	0	2.00	1.5	小型电力排灌设备	20	5	4.75	2.0
混凝土管	40	0	2.50	1.0	配电设施	20	4	4.80	0.5
铸铁、钢管	30	0	3.33	1.0	变电设备	25	5	3.80	1.5
塑料管	20	0	5.00	1.0	离心泵	12	0	8.33	7.0
深井	30	0	3.33	0.5	深井泵	4	0	25.00	5.0
浅井	35	0	2.86	1.0	潜水泵	10	0	10.00	4.0
混凝土砖砌石混合结构	40	4	2.40	1.0	喷灌设备	6	0	16.70	5.0
中小型闸阀启闭机	20	5	4.75	1.5	观测实验等仪器	10	0	10.00	0.5

注 1. 年基本折旧率 = $[(原值 - 净残值) / (原值 \times 使用年限)] \times 100\%$ 。

2. 年大修理费率 = $[预计大修理费用总额 / (原值 \times 使用年限)] \times 100\%$ 。

3. 表中的使用年限是根据一般水利工程或机械设备的实际寿命、经济寿命以及其他因素综合确定的。

4. 对已建成工程, 可根据具体情况, 参照或适当提高表中的费率标准。

(3) 管理费。包括管理机构的职工工资，工资附加费以及观测、科研、试验、技术培训、奖励等费用。在灌水过程中，渠道的修筑和护渠用工等也应计入管理费用。

第三节 效益计算

水利工程一般应计算设计年和多年平均两项效益指标，对农田灌溉还应计算特殊干旱年的效益。在缺乏不同水文年灌溉增产资料时，可将平水年的灌溉增产效益做为设计年和多年平均增产效益进行计算。管道输水灌溉效益内容见表 9-4。

表 9-4 管道输水灌溉效益内容

节 水			节省土地	增 产
扩大灌溉面积	改善灌溉面积	缩短灌溉周期适时灌溉		

在新井灌区，其效益为机井和管道输水的综合效益，主要表现为旱地变水浇地上。此外，还有种植作物的调整，复种指数的提高等。

计算水利增产效益还应乘水利分摊系数，该系数一般为 0.2~0.6，水利分摊系数的确定常采用以下方法：

(1) 在自然状况和农业技术措施基本相同的条件下，按灌溉和不灌溉的试验或调查资料对比确定。如土渠灌改管灌，其增产效益可不必分摊，只在扩大灌溉面积部分再计入分摊系数。

(2) 如掌握的增产资料是包括灌溉和其他农业技术措施的综合效益时，应将总效益合理分配，不应全做为灌溉措施的效益。对我国北方地区实行灌溉、农业生产水平中等的半干旱地区，灌溉效益的分摊系数一般为 0.5 左右（丰水年取 0.4，平水年取 0.5，枯水年取 0.6；生产水平较高的地区取 0.3~0.4）。

(3) 若分摊系数不易确定，可将发展灌溉后，农业技术措施增加的生产费用，考虑合理的报酬，从总增产效益中扣除余下的部分作为灌溉措施的效益。

农产品价格按当地粮食、蔬菜、商业部门有关物价的规定做综合分析后确定。在农产品调出地区，可暂采用现行的国家超购价格；在农产品调入地区，用于自给的部分，采用国家调运到该地区的农产品成本，超过自给的部分，可暂采用现行的国家超购价格。

采用管道输水灌溉技术后，节约了用水，不仅缩短了轮灌周期，增加了灌水次数，提高了供水保证率，而且还扩大了灌溉面积。由此所取得的增产效益，应逐项进行计算、累加，得到管道输水灌溉增产效益。

$$B = \xi P(Y - Y_0)M \quad (9-1)$$

式中： B 为灌溉增产效益，元； ξ 为灌溉增产效益分摊系数； P 为超购价格，元/kg； Y 为利用管灌的粮食单产，kg/亩； Y_0 为利用土渠灌溉的粮食单产，kg/亩； M 为粮食播种面积，亩。

第四节 经济效益分析

经济效益分析是根据工程的投资费用，运行费用和取得的各项效益，分析评价工程的

经济合理性,在规划时为方案的可行性论证提供资料。农田水利工程经济效益的分析方法分静态分析法和动态分析法。

一、静态分析法

静态分析法在投资、运行费和效益的分析中,不考虑货币的时间价值,计算较简便。在工程规模小、投资少、工期短、回收年限短的工程中经常采用静态分析法,主要计算内容如下:

(一) 还本年限(回收年限) T

还本年限又称偿还年限,表示一项工程投入运行后,通过效益的积累,完全回收投资的年限。其计算公式为

$$T = K / (B - C) = K / B_0 \quad (9-2)$$

式中: T 为还本年限, a; K 为工程投资, 元; B 为工程多年平均灌溉增产效益, 元; C 为工程多年平均管理运行费(不包括折旧费), 元; B_0 为工程多年平均的净总增产值或称净效益, 元。

(二) 总效益系数 E

总效益系数又称绝对投资效益系数(或称投资效益比),它是还本年限的倒数。其计算公式为

$$E = 1/T = (B - C)/K = B_0/K \quad (9-3)$$

式中: E 为总效益系数, 其余符号意义同前。

水利工程中一般认为还本年限为 5~15 年, 投资效益系数为 0.2~0.7 的工程可以投资建设。

二、动态分析法

静态分析法因不考虑资金的时间价值,显然与实际有差异,所以,投资多、周期长的大中型灌溉工程项目多采用动态分析法。

(一) 资金时间价值的计算

1. 年资金报酬率(利率)

动态分析法是符合经济变化规律的科学方法。实际情况是,一切资金活动都有它的时间价值,且随着时间而变化。因此资金的时间价值是动态分析的基础。在工程经济中,一般都是以年利率表示,年资金报酬率(利率)应不低于各部门允许最低资金报酬率(即允许利率)。管道输水灌溉工程利率一般取 6%~7%。

2. 折扣(贴现)计算

工程的投资、费用和由工程所获得的效益,不是同一时间发生的,它们的价值是随时间而变化的。为了分析和评价工程的经济效益,将不同时间发生的费用和效益,换算成一个共同时间的费用和效益,进行衡量和比较,这种换算方法叫折扣计算,这个共同的时间,被称为计算基准年(点)。工程的计算基准年一般取主要受益部门开始受益的年份,也可取工程开工的年份,并以年初做为折算的基准点。

各年的工程投资均按每年的年初一次投入,各年的运行费和效益均按每年的年末(第二年初)一次结算,当年不计算时间价值。

折扣均按复利计算。根据投资、费用、效益的不同形式和折扣要求,一般常用的公式

表 9-5 常用复利公式表

名称系列	序号	常用复利公式
一次支付系列	1	$F/P = (1+i)^n$
	2	$P/F = 1/(1+i)^n$
等额系列支付	3	$A/F = i/[(1+i)^n - 1]$
	4	$A/P = i(1+i)^n/[(1+i)^n - 1]$
	5	$F/A = [(1+i)^n - 1] / i$
	6	$P/A = [(1+i)^n - 1] / i(1+i)^n$

注 i 为年利率或折算率, %; n 为复利的期数, a ; P 为现在的总金额, 一般情况下为整个系统的现值, 元; F 为将来的总金额, 又称未来值或终值, 元; A 为年支付金额, 又称年金, 其值每年相等, 元。

算, 问 3 年以后累积的总投资(未来值)是多少?

解: 根据表 9-5 的式 5 及现金流量图计算如下:

$$\begin{aligned}
 F &= A \{ [(1+i)^n - 1] / i \} \\
 &= 5 \times \{ [(1+0.15)^3 / 1] \div 0.15 \} \\
 &= 17.36(\text{万元})
 \end{aligned}$$

【例 9-2】某一管道输水灌溉工程, 计划 2 年建成, 投资总额 20 万元, 第一年投资 8 万元, 第二年投资 12 万元, 建成后年运行费 1 万元。其中每 15 年更新一次, 更新费 5 万元, 每年的毛效益 5 万元。假定此工程为永久使用, 如折算率取 7%, 问总净效益现值为多少?

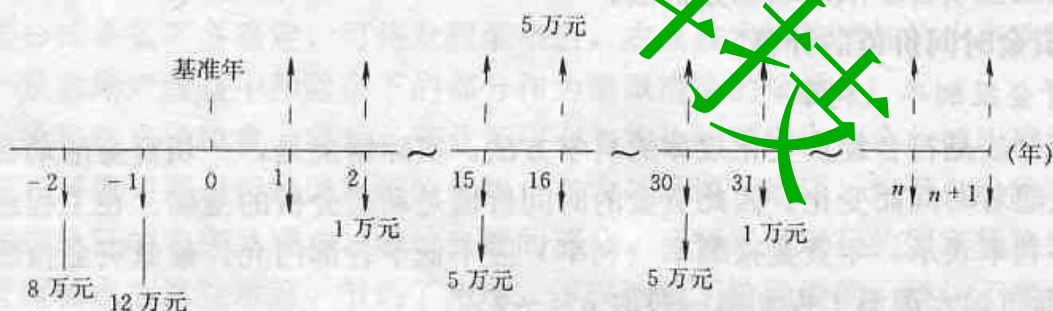


图 9-2 现金流量图

解: 根据《水利经济计算规程》的规定投资、更新费给于年初, 年运行费、效益给于年末, 给出如下现金流量图:

若以建完年为基准年, 则工程投资的现值 P_1

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 120000 \times (1+i) + 80000 \times (1+i)^2 \\
 &= 217352(\text{元})
 \end{aligned}$$

由表 9-5 中式 6 计算, 把年运行费和年毛效益的代数和折算为现值 P_2

$$P_2 = (50000 - 10000) \times \{ (1+i)^n - 1 \} / [i(1+i)^n]$$

见表 9-5。

3. 经济计算期及投资的折算

从基准年(点)起, 到计算的终止年止, 称为经济计算期。参与比较的各个方案, 或同一个方案的不同工程设施, 不管其经济使用寿命是否相同, 均应取同一经济计算期。工程经济使用寿命短于经济计算期的, 应考虑设备更新费用, 工程的经济使用寿命比经济计算期长的, 可减去其残值。

4. 举例

【例 9-1】某管道输水灌溉工程, 在 3 年内每年平均投资 5 万元, 按年利率 15% 计

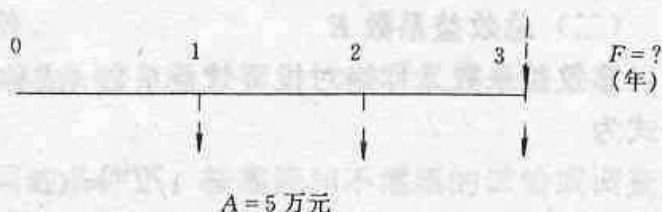


图 9-1 现金流量图

因管灌工程为永久性工程, 取 n 为无限大, 则

$$P_2 = 40000 \div 0.07$$

$$= 571428.6(\text{元})$$

每 15 年有一次设备更新费 5 万元, 首先把它换算成年费用, 然后折算为现值 P_3 , 根据表 9-5 的式 3 计算

$$A_3 = 50000 \{i / [(1+i)^n - 1]\}$$

$$= 50000 \times 0.03979$$

$$= 1990(\text{元})$$

$$P_3 = 1990 \div 0.07$$

$$= 28400(\text{元})$$

总效益现值:

$$P = P_2 - P_1 - P_3$$

$$= 325676.6(\text{元})$$

(二) 折算总值和折算年值的计算

折算到基准年(点)的各项经济指标, 可用折算总值, 也可用折算年值表示。

1. 工程投资的折算总值 K_0

$$K_0 = \sum_{i=1}^m K_i (1+r)^{t_i} + \sum_{j=1}^n \frac{K_j}{(1+r)^{t_j(j-1)}} \quad (9-4)$$

式中: m, n 为基准点之前和之后工程投资年限; K_i, K_j 为基准点之前第 t_i 年和基准点之后第 t_j 年的工程投资额; r 为经济报酬率(或利率)。

2. 工程运行费的折算总值 C_0

$$C_0 = \sum_{i=1}^m C_i (1+r)^{t_i(j-1)} + \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+r)^{t_j}} \quad (9-5)$$

式中: C_i, C_j 为基准点之前第 t_i 年和基准点之后第 t_j 年的年运行费; 其他符号含义同前。

3. 工程效益的折算总值 B_0

$$B_0 = \sum_{i=1}^m B_i (1+r)^{t_i(j-1)} + \sum_{j=1}^n \frac{B_j}{(1+r)^{t_j}} \quad (9-6)$$

式中: B_i, B_j 为基准点之前第 t_i 年和基准点之后第 t_j 年的年效益; 其他符号含义同前。

4. 工程投资、运行费和效益的折算年值

可根据折算总值乘换算系数 a 计算。

$$a = [r(1+r)^n] / [(1+r)^n - 1] \quad (9-7)$$

式中: r 为经济报酬率; n 为经济计算期。

(三) 动态分析法的主要计算内容

1. 经济效益费用比 R_0

经济效益费用比 R_0 是指折算到基准年(点)的总效益与总费用的比值, 或折算年效益与折算年费用的比值。

$$R_0 = B_0 / (K_0 + C_0) \quad (9-8)$$

或

$$\overline{R}_0 = \overline{B}_0 / (\overline{K}_0 + \overline{C}_0) \quad (9-9)$$

式中: $\overline{B}_0, \overline{K}_0, \overline{C}_0$ 为工程效益、投资和运行费的折算年值; 其他符号含义同前。

当 $R_0 \geq 1$ 时, 工程方案在经济上是合理可行的。如有几个互斥方案, 应做增值分析, 从中择优。

2. 净收益 P_0

净收益 P_0 是折算到基准年的总效益和总费用的差值, 或折算年效益与折算年费用的差值。

$$P_0 = B_0 - (K_0 + C_0) \quad (9-10)$$

$$\text{或} \quad \bar{P}_0 = \bar{B}_0 - (\bar{K}_0 + \bar{C}_0) \quad (9-11)$$

式中: $\bar{P}_0$ 为年净收益; 其余符号意义同前。

$P_0 \geq 0$ 或 $\bar{P}_0 \geq 0$ 的方案, 表明有一定的经济收益。对于不同方案的比较, P_0 或 $\bar{P}_0$ 最大的是经济上最有利的方案。

3. 经济内部回收率 r_0

经济内部回收率 r_0 是指经济效益费用比 $R_0 = 1$ 或净收益 $P_0 = 0$ 时, 该工程可以获得的经济报酬率。 r_0 按下式计算

$$[r_0(1+r_0)^n]/[(1+r_0)^n - 1] = (\bar{B}_0 - \bar{C}_0)/\bar{K}_0 \quad (9-12)$$

r_0 通过试算确定。 $r_0 \geq r$ 的方案, 在经济上都是合理可行的。如有几个互斥方案, 应做增值分析, 从中选优。

4. 投资回收年限 T_D

投资回收年限 T_D 是指累计折算效益等于累计折算费用的年限或累计折算净效益和累计折算投资相等时的年限。投资回收年限越短经济效益越好。其计算公式为

$$T_D = \sum_{i=1}^n (B_i - C_i)/(1+r)^i - K_0 = 0 \quad (9-13)$$

式中: B_i 为第 i 年的效益; C_i 为第 i 年的年运行费。

通常采用试算或列收支平衡表计算, 解出的 n 值即为 T_D 。

当我们将各年效益和年运行费作为均匀年系列时, 也可用式 (9-14) 估算 T_D

$$T_D = -\ln[1 - K_0 r / (B_a - C_a)] / \ln(1+r) \quad (9-14)$$

式中: K_0 为各年累计折算总投资; B_a 为均匀年系列的年效益; C_a 为均匀年系列的年运行费
基准年 (点), 为工程开始建设年的年初。

三、单位经济指标计算

在经济分析中, 除分析计算上述各项经济效益指标外, 一般还应分析计算其单位技术经济指标, 作为综合经济评估的补充指标。

管道输水灌溉工程的单位技术经济指标, 一般包括亩均固定管道长度、亩均移动管道长度、亩均管道工程投资、平均每米管道投资、亩均年耗能费、亩均年用工数量、亩次节能、亩次节水、亩次省工、亩年省工、节地率、亩均年增产量、亩均年增产值、亩均年净效益等。

1. 增产效益

(1) 增产绝对值, 单位以 $\text{kg}/\text{亩}$ 表示 (同不灌、渠灌对比)。

(2) 增产百分率 (%) = $[(\text{管灌亩产} - \text{不灌或渠灌亩产}) / \text{不灌或渠灌亩产}] \times 100\%$ 。

2. 灌溉效率

- (1) 单位流量管灌面积 = 管灌面积 / 系统设计流量 $[\text{亩}/(\text{m}^3/\text{h})]$ 。
- (2) 单位面积流量 = 管灌流量 / 管灌面积 $[\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{亩})]$ 。
- (3) 管灌水的生产率 = 总产量或亩产 / 总用水量或灌溉定额 $(\text{kg}/\text{m}^3 \text{ 水或元}/\text{m}^3)$ 。
- (4) 产量耗水量 = 总用水量或灌溉定额 / 总产量或亩产 (m^3/kg) 。
- (5) 单位装机功率管灌面积 = 管灌面积 / 装机功率 $(\text{亩}/\text{kW})$ 。

3. 土地利用效率

土地利用效率 = (管灌工程面积 - 渠系占地面积) / 管灌工程面积 (%)。

4. 管灌亩投资

管灌亩投资 = 管灌系统 (不包括机泵工程) 总投资 / 管灌面积 (元/亩)。总投资包括机泵部分时应说明。

5. 材料消耗

- (1) 每亩材料用量 (按材质、管径分别统计), 单位以 $\text{m}/\text{亩}$ 计。
- (2) 每亩其他设备的材料用量 (金属: 铜、铝等; 非金属: 塑料等), 单位以 $\text{kg}/\text{亩}$ 计。
- (3) 每亩建筑材料用量, 如水泥 ($\text{kg}/\text{亩}$)、砂、石 ($\text{m}^3/\text{亩}$)、砖 (千块/亩)、木材 ($\text{m}^3/\text{亩}$) 等。

6. 年运行及维修费用

年运行费用 = (动力费 + 维修费 + 工资 + 管理费) / 管灌面积 (元/亩 · a)。

动力费是指柴油机燃油费或电动机耗电费; 维修费是指工程维修、设备维护保养 (不包括大修)、黄油、机油、润滑油、小零件等消耗品的费用; 工资包括机手及灌水员灌水期间劳动用工应支付的费用; 管理费是指管灌系统专管机构或组织行政办公及杂费等。

7. 劳动用工 (或劳动生产率)

- (1) 农作物全生长期管灌劳动定额, 单位以工日/亩计;
- (2) 每个劳动力可担负的管灌面积, 单位以亩/人计;
- (3) 灌水效率即每工日 (按 10 小时) 可灌溉的面积, 单位以亩/工日计。

8. 抵偿年限 $T_{\text{抵}}$

抵偿年限 $T_{\text{抵}}$ 是指一个方案同另一个方案相比较所增加的投资可在该年限内用年运行费的节省相抵。

一项管灌工程往往有几种可供比较的方案。在进行方案比较时, 不仅涉及工程投资大小, 还要考虑年管理运行费的多少, 可能各有得失。在这种情况下进行比较, 除计算工程的净效益、还本年限外, 还应计算偿还增加投资所需的年限, 即抵偿年限。如所比较的各方案的效益相同时, 则可用式 (9-21) 计算。计算后, 抵偿年限短的为优选方案。

$$T_{\text{抵}} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2) = \Delta K / \Delta C \quad (9-15)$$

式中: $T_{\text{抵}}$ 为抵偿年限, 即追加投资的回收期, 年; K_1, K_2 为一、二方案的工程总投资, 元; C_1, C_2 为一、二方案的年管理运行费, 不包括折旧费, 元。

四、敏感性分析

鉴于经济分析和财务分析的问题比较复杂, 涉及因素较多, 有些参数或指标难以准确确定, 都含有一定的误差。为分析其对经济效果指标的影响, 应进行敏感性分析, 列出计入浮动因素后的经济效果指标, 供综合评价和决策时参考。一般按以下步骤进行敏感性分析。

- (1) 投资增加 10%~20%，效益不变，分析计算其经济效益指标。
- (2) 投资不变，效益减少 15%~25%，分析计算其经济效益指标。
- (3) 投资增加 10%~20%，同时效益减少 15%~25%，分析计算其经济效益指标。

五、例题

【例 9-3】 某灌区有深井一眼，配 200QJ 潜水泵一台，设计流量 $80 \text{ m}^3/\text{h}$ ，原浇地面积 180 亩。新铺设地下混凝土管道 1237 m，工程当年完工，当年受益，浇地面积扩大到 250 亩。管道建设总投资为 16333.7 元，管道建成前年运行费为 5849.7 元，管道建成后年运行费为 6374.4 元，年水利增产效益为 9151.0 元。试对该工程进行经济效益分析。

解：取经济计算期 $n=20$ 年，年利率 $r=7\%$ ，按动态法进行分析。

由式 (9-7) 可算得
$$a = 0.07 \times (1+0.07)^{20} / [(1+0.07)^{20} - 1]$$
$$= 0.0944$$

工程投资折算年值 $16333.7 \times 0.0944 = 1541.9$ (元)

运行费年值 $6374.4 - 5849.7 = 524.7$ (元)

增产效益年值 9151.0 元

(1) 年净收益 P_0 。由式 (9-11) 计算得：

$$P_0 = 9151.0 - (1541.9 + 524.7)$$
$$= 7084.4 \text{ (元)}$$

(2) 经济效益费用比 R_0 。由式 (9-9) 计算得

$$R_0 = 9151 \div (1541.9 + 524.7)$$
$$= 9151 \div 2066.6$$
$$= 4.43$$

(3) 经济内部回收率 r_0 。由式 (9-12) 得

$$r_0(1+r_0)^{20} / [(1+r_0)^{20} - 1] = (9151.0 - 524.7) \div 16333.7$$

经试算 $r_0 = 0.53$

(4) 投资回收年限 T_D 。将有关数据代入式 (9-14)，则

$$T_D = -\ln[1 - 16333.7 \times 0.07 \div (9151 - 524.7)] \div \ln(1 + 0.07)$$
$$= 2.1 \text{ (a)}$$

(5) 敏感性分析。若投资增加 15%，则投资折算年值为

$$1541.9 \times 1.15 = 1773.19 \text{ (元)}$$

效益不变，仍为 9151.0 元，则经济效益费用比为

$$R_0 = 9151 \div (1773.19 + 524.7)$$
$$= 3.98$$

若投资不变，投资折算年值仍为 1541.9 元，效益减少 15%，即， $9151 \times 0.85 = 7778.35$ (元)，则经济效益费用比为

$$R_0 = 7778.35 \div (1541.9 + 524.7)$$
$$= 3.76$$

若投资增加 15%，同时效益减少 15%，则经济效益费用比为

$$R_0 = 7778.35 \div (1773.19 + 524.7) = 3.38$$

其他经济效益指标 (略)。

(6) 单位经济指标。

亩均固定管道长度	4.95 m
亩均固定管道投资	65.3 元
平均每米管道投资	13.2 元
亩次节能	$17.68 - 14.09 = 3.59$ (kW · h)
亩次节水	$65 - 50 = 15$ (m ³)
每次节水率	23.1%
亩次省工	$0.30 - 0.16 = 0.14$ (工日) (浇地)
节地占原水浇地的	2.57%
亩均年净效益	28.3 元

【例 9-4】 某管道输水灌溉试区, 新打一眼浅井, 配 170JS—50 深井泵和 X195 柴油机各一台, 设计流量 40 m³/h, 同时建低压输水管道, 控制面积 125 亩。机井及井房投资 3308.5 元, 管道建设投资 4514.24 元, 柴油机和深井泵投资为 2420 元, 工程当年建成。井管和管道的经济使用寿命为 20 年, 机泵的经济使用寿命为 5 年, 平水年年运行费用为 3677.08 元, 年水利效益为 14687.5 元, 试对该工程进行经济效益分析。

解: 采用动态法进行分析。整个工程的经济计算期取 20 年, 则机泵需更新 3 次, 其折算现值分别为

$$2420 \div (1 + 0.07)^5 = 1725.43(\text{元})$$

$$2420 \div (1 + 0.07)^{10} = 1230.21(\text{元})$$

$$2420 \div (1 + 0.07)^{15} = 877.12(\text{元})$$

工程投资折算总值为

$$3308.5 + 4514.24 + 2420 + 1725.43 + 1230.21 + 877.12 = 14075.5(\text{元})$$

投资折算年值为 (a 值与例 1 相同, $a = 0.0944$)

$$14075.5 \times 0.0944 = 1328.73(\text{元})$$

运行费年值为 3677.08 元, 效益年值为 14687.5 元。

(1) 年净收益 $\overline{P}_0$ 。由式 (9-11) 计算得

$$\begin{aligned}\overline{P}_0 &= 14687.5 - (1328.73 + 3677.08) \\ &= 9681.69(\text{元})\end{aligned}$$

(2) 经济效益费用比 R_0 。由式 (9-9) 计算得

$$R_0 = 14687.5 \div (1328.73 + 3677.08) = 2.93$$

(3) 经济内部回收率 r_0 。由式 (9-12) 得

$$r_0(1 + r_0)^{20} / [(1 + r_0)^{20} - 1] = (14687.5 - 3677.08) \div 14075.5$$

经试算

$$r_0 = 0.78$$

(4) 投资回收年限 T_D 。将有关数据代入式 (9-14), 则

$$\begin{aligned}T_D &= -\ln[1 - 14075.5 \times 0.07 \div (14687.5 - 3677.08)] \div \ln(1 + 0.07) \\ &= 1.39(\text{年})\end{aligned}$$

(5) 敏感性分析。投资增加 15%，投资折算年值为 $1328.73 \times 1.15 = 1528.04$ (元)，效益不变，仍为 14687.5 元，则经济效益费用比为

$$R_0 = 14687.5 \div (1528.04 + 3677.08) \\ = 2.82$$

投资不变，效益减少 15%，效益为

$$14687.5 \times 0.85 = 12484.38 \text{ (元)}$$

$$\text{则效益费用比 } R_0 = 12484.38 \div (1328.73 + 3677.08) \\ = 2.49$$

投资增加 15%，同时效益减少 15%，则

$$R_0 = 12484.38 \div (1528.04 + 3677.08) \\ = 2.40$$

其他经济效益指标 (略)。

(6) 单位经济指标。

亩均固定管道长度 3.04 m

亩均工程投资 112.6 元

亩均固定管道投资 36.11 元

平均每米管道投资 11.88 元

亩次耗能 2.51 kg (柴油)

亩次用工 0.15 个工日 (浇地)

亩均年净效益 77.45 元

【例 9-5】 某管灌试区是老井灌区，将土渠灌溉改为管道灌溉，工程总投资 315123 元、年管理运行费 172864 元，年增产效益 219666 元，改造前后灌区指标如表 9-6 所示。试对该试区进行经济效益分析。

表 9-6

改造前后灌区指标

项 目 名 称	改造前 (土渠输水) (亩)			改造后 (管道输水) (亩)			备 注
	小麦	玉米	其他 (棉花为主)	小麦	玉米	其他 (棉花为主)	
种植面积 (亩)	7475	7162	770	8745	8379	900	控制面积 (亩) 改造前: 9000 改造后: 10529
灌水定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$)	70	70	70	42	42	42	
年灌水次数 (次/年)	3	1	1	4	1	1	

解：本试区属老井灌区的改造。为分析投资效果，采用将管道灌溉与土渠灌溉进行对比的方法计算该项工程的经济效益，即：工程投资、年运行管理费、增产效益均计算两种灌溉方式的差值。

为考虑资金的时间价值，采用动态法进行计算，投资年做为基准年，年初做为折算的基点，经济报酬率取 7%，地下管道的使用寿命按 20 年计算。

(一) 管灌较渠灌工程投资增值

由于该试区兴建前后井、机泵、输配电线路基本无变化，只需计算试区管道工程的总投资。工程总投资见表 9-7。

表 9-7

管道工程总投资表

投 资 项 目	管材费	管件费	运输费	管道安装费	青苗赔偿费	土方工程费	规划设计费	合 计
投资额 (元)	132971	38938	19316.5	39410.43	45000	26987.32	12500	315123
内部比例 (%)	42.2	12.4	6.1	12.5	14.3	8.5	4	100

(二) 管灌与渠灌管理运行费对比计算

年管理运行费主要包括：能耗费、工程管理维修费、软管更新费、灌溉用工费等，分别计算如下：

1. 管灌年管理运行费

(1) 能耗费。试区采用管灌，年灌水 44259 亩次，总提水量 185.89 万 m^3 ，千方水能耗 174.25 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，电价(包括电工工资在内)按 0.25 元/($\text{kW} \cdot \text{h}$)计，则年需能耗费 80978 元。

(2) 管道工程维修费。取维修费率为 1%，则管道工程维修费需 3151 元/年。

(3) 软管更新费。本试区 269 个系统，年需消耗软管长度 $75 \times 2 \times 269$ ，即 40350 m，平均单价 1.07 元/m，则年需软管更新费 43175 元。

(4) 灌溉用工费。管灌全试区年需用工 18224 个，日工资按 10 元计，则年需灌溉用工费为 182240 元。

2. 土渠灌溉年管理运行费

(1) 能耗费。土渠灌溉年灌水共 30357 亩次，提水总量 212.5 万 m^3 ，千方水能耗 170 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，年需能耗费 90313 元。

(2) 灌溉用工。采用土渠灌溉，年需用工 20238 个，日工资按 10 元计，则年需灌溉用工费为 202380 元。

(3) 土渠修筑费。采用土渠灌溉共需田间土渠长度 37 万 m，按每个工日修筑 250 m 计，共需劳务工日 1080 个，日工资按 10 元计算，该项年费用为 10800 元。

综合上述分析计算，本试区管灌比渠灌每年增加管理运行费见表 9-8。

表 9-8

管灌与渠灌年管理运行费对照表

项 目	年灌水亩次	能耗费 (元)	管道维修费 (元)	软管更新费 (元)	灌水用工费 (元)	土渠修筑费 (元)	合 计 (元)
管 灌	44259	80978	3151	43175	182240	0	309544
渠 灌	30357	90313	0	0	202380	10800	303493
差 值							6051

(三) 管灌较渠灌农作物增产效益

(1) 增加灌水次数增产效益。本试区增加灌水次数的小麦面积 7475 亩，每亩增产 34 kg，年增收小麦 12707.5 万 kg，按 0.5 元/kg 计算，年增值为 127075 元。

(2) 扩浇效益。管灌较渠灌扩浇小麦面积 1270 亩，扩浇玉米面积 1217 亩，和无灌溉条件相比可增收小麦 226060 kg，增收玉米 87624 kg。取水利分摊系数为 0.5，则扩浇效益为 72287 元(玉米单价按 0.36 元/kg 计算)。

(3) 节地增收效益。该试区节地面积 168.5 亩, 按小麦、玉米两季计算, 小麦单产 278 kg, 玉米单产 297 kg。经分析, 农田耕种净收益与产值的比值约为 0.49, 则节地增收效益为 20304 元。

综合上述分析计算, 该试区的管灌和渠灌相比农作物年增产效益为 219666 元 (见表 9-9)。

表 9-9 管灌较渠灌农作物增产效益统计表

增产项目	增加灌水次数	扩大灌溉面积	节地	合计
增产值 (元)	127075	72287	20304	219666

(四) 经济分析

(1) 按式 (9-2)、式 (9-3) 静态法分别计算还本年限 T 和总效益系数 E 。

$$T = K / (B - C)$$

$$= 315123 \div (219666 - 6051)$$

$$= 1.48 (\text{年})$$

$$E = (B - C) / K$$

$$= 213615 \div 315123$$

$$= 0.678$$

该管灌试区按静态法计算, 还本年限为 1.48 年, 总效益系数为 0.678, 该工程效益非常显著。

(2) 按动态法计算。该试区采用管道灌溉, 和土渠灌溉相比工程投资增值为 315123 元, 年管理运行费增值为 6051 元, 农作物增产效益增值为 219666 元/年, 年费用增值按表 9-5 中公式 4 计算如下:

$$315123(A/P)_{20}^{7\%} + 6051 = 315123 \times 7\% (1 + 7\%)^{20} / [(1 + 7\%)^{20} - 1] + 6051$$

$$= 35796 (\text{元})$$

(五) 有关经济技术指标计算

(1) 综合经济效益指标。

根据式 (9-11) 计算年净效益 $\overline{P}_0 = 219666 - 35796 = 183870 (\text{元})$

根据式 (9-8) 计算年经济效益费用比 $\overline{R}_0 = 219666 \div 183870 = 1.195$

根据静态计算结果, 还本年限为 1.48 年。因此, 取接近于静态法计算结果, 将有关数据代入式 (9-13), 按动态法计算投资回收年限 T_D 如下:

当 $t = 1.5$ 年时, 累计净效益为 296141.36 (元)

当 $t = 1.6$ 年时, 累计净效益为 314662.196 (元)

当 $t = 1.7$ 年时, 累计净效益为 332911.58 (元)

计算结果表明, 当 $t = 1.6$ 年时, 累计净效益和工程投资总值比较接近, 故该工程按动态法计算的还本年限应确定为 1.6 年。

由以上实例计算可知, 对工程投资较小, 且当年投资当年见效的小型农田水利工程进行效益分析时, 采用静态法与动态法计算结果比较接近。因此, 可采用静态法进行这类工程的效益分析计算。

(2) 单项技术经济指标。

管道灌溉和土渠灌溉相比, 亩均基建投资增加 (管灌工程亩均投资) 为

$$315123 \div 10529 = 29.93(\text{元})$$

亩次节水 $(70-42) \div 70 = 40\%$

亩次节能 $(70 \times 0.17 - 42 \times 0.17425) \div (70 \times 0.17) = 38.5\%$

节约耕地 $168.5 \div 10529 = 1.6\%$

亩次灌水省工 $(70 \div 17.5 - 42 \div 17) \times 2 \div 12 = 0.255(\text{个})$

以上分析计算的只是该工程主要的、直接的经济效益，由此可见，此项管道输水灌溉工程投资少，效益高。从工程投资内部比例可见，在总投资中可用劳务抵偿（包括青苗占压在内）的部分约占 30%，特别在黄淮海平原中低产地区经济不太发达、劳务工值不高的条件下发展管道灌溉，有广阔的推广前景。

农业科技

附录

附录一 工程设计示例

一、自然概况

某自然村位于山前冲积平原,共有 835 户、3760 人,耕地 3583 亩,以井灌为主。近年来随着工农业用水量的不断增加,地下水位逐年下降,灌溉用水日益紧张。为节约用水、保证增产,根据当地条件和群众要求,兴建低压管道输水灌溉试区。

试区共有机井 11 眼,单井涌水量为 $48 \sim 125 \text{ m}^3/\text{h}$,农作物以小麦、玉米为主,辅以林果和蔬菜,土壤质地为中壤,容重 $\gamma = 1.47 \text{ g/cm}^3$,田间持水率 $\beta = 22.5\%$ (占干土重),最大冻土深 0.5 m ,日最大蒸发强度 5.5 mm ,多年平均降雨量 698 mm ,当保证率 80% 时,年降雨 560 mm 。据分析,小麦全生育期需水 357 mm ,合 $238 \text{ m}^3/\text{亩}$,生育期内降雨量 120.7 mm ,合 $80.5 \text{ m}^3/\text{亩}$,尚缺 $157.5 \text{ m}^3/\text{亩}$,需由灌溉补充。

二、工程规划布置

(一) 灌溉制度的拟定

1. 设计灌水定额

试区种植作物为一年两季,小麦是需要大量水的作物,而玉米生长期正逢雨季,适时灌水即可满足;蔬菜灌水次数多,但定额小。因此,设计时以小麦日需水量最高的灌浆期确定灌水定额。取土壤湿润层深度 $H = 60 \text{ cm}$,适宜土壤含水量上限 β_1 取田间持水率的 95% 、下限 β_2 取 65% ,灌溉水有效利用系数 $\eta_{\text{田}}$ 取 0.95 。按式 (3-1) 计算设计灌水定额 m 。

$$\begin{aligned} m &= 10\gamma H\beta(\beta_1 - \beta_2)/\eta_{\text{田}} \\ &= 10 \times 1.47 \times 60 \times 22.5\%(95\% - 65\%)/0.95 \\ &= 62.67 (\text{mm}) \approx 40 (\text{m}^3/\text{亩}) \end{aligned}$$

2. 灌水次数

小麦全生育期需补充的灌水量为 $157.5 \text{ m}^3/\text{亩}$,灌水定额 $40 \text{ m}^3/\text{亩}$,需灌水 4 次。按试区灌水经验,分为返青水、拔节水、抽穗水、灌浆水。玉米生长期一般灌溉 2 次即可。

3. 灌水周期

根据小麦需水规律,其需水高峰在灌浆期间,包含降雨在内的平均日需水强度为 $E = 5.5 \text{ mm}/\text{天}$,灌水周期 T 由式 (3-2) 计算。

$$T = m/E = 62.67/5.5 = 12 (\text{天}), \text{取灌水周期为 } 11 \text{ 天}。$$

试区由于各井的出水量及控制面积不相同,灌溉中以灌水周期为定值,适当调节日开机时间,以保证小麦的需水要求。

根据水量平衡分析结果,确定试区灌溉面积为 1818 亩 。

(二) 管网布局

1. 原则要求

(1) 以原有水源为依据,做到管理设施、井、路、管道统一规划,合理布局,全面配套,统一管理,尽快发挥工程效益。

(2) 依据地形、地块、道路等情况布置管道系统,要求线路最短,控制面积最大,便于机耕,管理方便。

(3) 管道尽可能双向分水,节省管材,沿路边及地块等高线布置。

(4) 为方便浇地、节水,长畦要改短。

(5) 对机泵井进行普查、测试,摸清存在问题,对症下药。

(6) 按照村队地片,分区管理,适当考虑双井汇流,远距离送水并能独立使用的原则。

2. 布置形式

采用半固定式布置形式。

(1) 末级管道垂直于种植方向,沿生产路布置,出水口间距控制在 35~40 m,顺种植方向布设软管,软管连接采用硬塑管接头。这种形式比较适宜当前承包责任制。

(2) 末级管道平行于种植方向,出水口间距 70~100 m。这种形式软管较短,浇地较为方便。

(3) 干管平行种植方向,支管垂直于干管,布置在地中间,双向分水,软管入畦退管灌水。这种方式适宜于坡度小的地块,节省软管,比单向分水使用方便。

(4) 干管顺坡布置,支管布设在畦头,单侧分水,软管顺坡铺放,水流较快。

3. 管网布局

根据管网布置原则,各机井管网布置见附图 1,管网规划布置结果见附表 1。

附表 1

试区管网工程量统计表

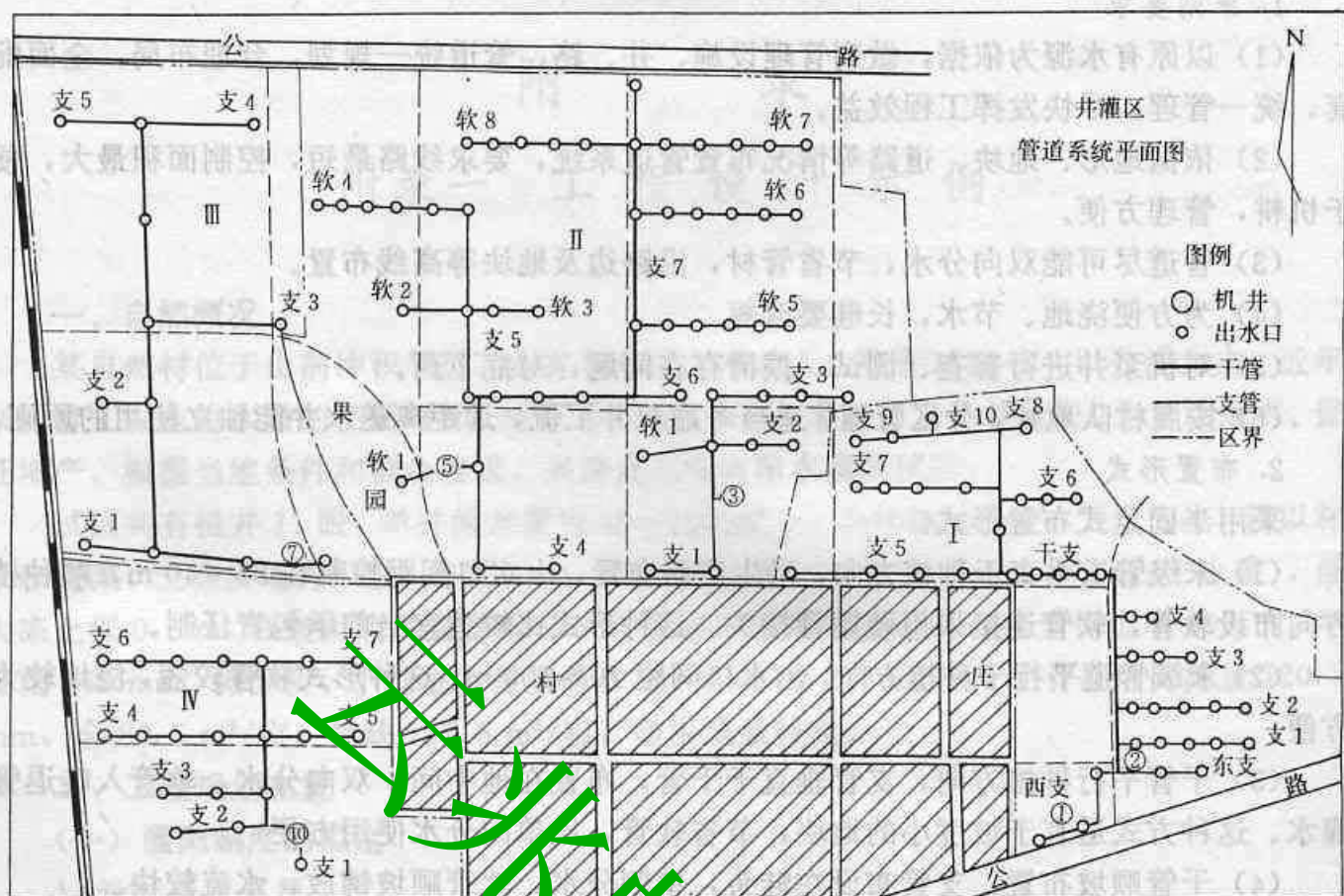
分区	机井编号	井出水量 (m^3/h)	控制面积 (亩)	干 管		支 管		出 水 口		控水箱
				条 数	长 度 (m)	条 数	长 度 (m)	个 数	间 距 (m)	
一	1	74	378	1	790	12	1600	52	35~40	3
	2	48.8	150							3
二	3	68.3	235	1	172	3	300	8	50~70	6
	5	125.0	415	2	1050	4	1436	16		
三	7	72	356	1	813	5	489	13	35~40	3
四	10	75.4	284	1	420	7	670	14	40~50	
合 计	6	—	1818	6	3245	31	4495	103	—	15

三、管灌工程设计

(一) 设计流量的确定

各分区,粮食作物占 85%,菜田占 15%,日开机时数取 13 h,管道水利用系数取 95%。按式 (3-4)、式 (3-5) 计算管道设计流量。计算结果表明,设计流量小于单井出水量,故采用单井出水量为设计流量。

(二) 管材与管径的选择



附图1 某村半固定式管道灌溉工程平面布置图

当地劳力紧张，工值较高，故施工量不宜过大。试区地形较复杂，水泵扬程较高，压力波动大，要求管材耐压能力较强，所以大部分管材选用聚氯乙烯管（PVC 硬管），小部分地形平缓的地段选用混凝土管材。

确定管材后，按管材的投资与运行管理费之和最小为目标函数确定经济管径。其中年运行管理费用下式计算

$$F = 9.8ETQh_f / (1000\eta)$$

式中：\$F\$ 为克服百米管道损失所需年运行管理费，元；\$Q\$ 为管道流量，L/s；\$h_f\$ 为百米沿程水头损失，m；\$T\$ 为年运行时间按一次灌水延续 11 天，年灌水 6 次，共计 858 h；\$E\$ 为电价，以 0.12 元/（kW·h）计。

参照当地塑料厂家生产的管材情况，计算管材投资与运行管理费之和，并通过比较选择适宜的管径（见附表 2）。

（三）管道水力计算

1. 沿程水头损失计算

试区采用聚氯乙烯硬塑管材，配用部分锦塑软管及改性聚乙烯软管，其内壁光滑，取 \$f=0.000915\$，\$m=1.77\$，\$b=4.77\$。管道沿程水头损失计算结果见附表 3。

2. 局部水头损失计算

局部水头损失按式（3-18）计算，计算结果见附表 4。

（四）设计扬程的确定及水泵选择

附表 2

各井配套管路管材管径选择情况表

井 号	控制面积 (亩)	管 材	管壁厚 (mm)	管径 (mm)		正常工作压力 (MPa)	爆破压力 (MPa)	备 注
				干 管	支 管			
1, 2	528	PVC	5.0	160	110	0.045	1.0~1.2	塑料厂生产
3	235	PVC	2.5	120	110	0.050	≥0.8	塑料厂生产
5	425	PVC	2.5	2×120	120	0.055	≥0.8	塑料厂生产
7	356	混凝土	50.0	250	250	0.020	0.25~0.4	现 浇
10	284	PVC	2.5	120	120	0.035	≥0.8	塑料厂生产

附表 3

管道沿程水头损失计算表

井号	计算流量 (m³/h)	干 管				支 管				沿程水头损失 (m)
		管 径 (mm)	流 量 (m³/h)	管 长 (m)	水头损失 (m)	管 径 (mm)	流 量 (m³/h)	管 长 (m)	水头损失 (m)	
1	74	100	74.0	140	5.60	—	—	—	—	—
		150	123.0	140	1.95	100	37	230	3.01	13.13
2	48.8	150	48.8	392	2.57	—	—	—	—	5.58
3	68.3	115	68.3	130	2.73	115	68.4	160	3.36	6.10
5	125.0	2×115	125.0	530	5.61	115	62	50	0.90	6.41
7	72	250	72.0	813	6.80	250	72	78	0.10	0.90
		115	75.4	140	3.50	—	—	—	—	—
10	75.4	2×90	37.7	220	1.10	115	37.7	150	1.20	5.8

附表 4

各井泵所需最大扬程计算表

井号	h_f (m)	h_j (m)	$h_{净}+h_{泵}$ (m)	Δh (m)	田间灌 溉水头 (m)	H (m)	井号	h_f (m)	h_j (m)	$h_{净}+h_{泵}$ (m)	Δh (m)	田间灌 溉水头 (m)	H (m)
1	13.13	1.70	50.63	-5.60	0.1	59.96	5	6.41	1.61	35.50	-1.98	0.1	41.64
2	5.58	1.36	50.16	-4.30	0.1	52.90	7	0.90	1.88	45.56	-2.12	0.1	46.32
3	6.10	1.23	35.30	-2.10	0.1	40.60	10	5.80	1.89	47.60	-1.31	0.1	54.08

水泵设计扬程由管路系统的水头损失、机井动水位埋深至试区内供水最高点的高差等确定。按下式计算出的水泵所需最大扬程见附表 4。

$$H = h_{净} + h_f + h_j + h_{泵} + \Delta h + 0.1$$

式中： H 为设计总扬程，m； $h_{净}$ 为水泵净扬程，动水位至管道中心线的距离，m； h_f 、 h_j 分别为管道沿程水头损失和局部水头损失，m； $h_{泵}$ 为泵管水头损失，m； Δh 为井台至典型供水点的地面高差，m，顺坡为负，逆坡为正；0.1 为田间灌溉水头，m。

按照设计流量、设计扬程进行水泵选型。根据水泵工作性能，6 眼机井选配水泵型号及性能情况见附表 5。经水泵工况校核，各井管道运行时水泵均处在高效区工作。

附表 5

配套井泵性能情况表

井号	水泵型号	额定流量 (m^3/h)	额定扬程 (m)	转 速 (r/min)	水泵效率 (%)	配套功率 (kW)	水泵外径 (mm)
1	200QJ80—55	80	55	2850	73	22	184
2	丰产 480	56	64	2900	68	22	150
3	200QJ80—44	80	44	2850	73	13	184
5	10JD140×12	140	60	1460	72	40	220
7	8JD80×15	80	60	1460	70	22	185
10	200QJ80—50	80	50	2850	73	18.5	184

四、经济效益分析

本工程经济效益分析采用动态法。

工程分 3 年建成, 3 年工程投资、效益、运行费用见附表 6。

按式 (9-10)、式 (9-11)、式 (9-12)、式 (9-16) 及表 9-5 中的式 (9-17) 计算工程投资折算总值、工程运行费折算总值、工程效益折算总值、总净效益和年净效益。年利率 i 取 7%, 复利期数 n 以 1988 年为基准年, 取 18。各项计算指标见附表 7。

附表 6 试区投资、效益、运行费用表

单位: 元

年份	名称	投资 K	运行费 C	效益 B
1986		32504	1247	13689
1987		99405	3815	49807
1988		24596	5999	80311

附表 7

经济效益分析表

单位: 元

投资总数 K_0	运行费现值总计 C_0	效益现值总计 B_0	效益费用比 R_0	总净效益 P_0	年均净效益 $\bar{P}_0$	还本年限 (年)
168173	70078	933371	3.32	695120	81489	2.06

单项技术经济指标

平均亩投资	86 元/亩
平均亩固定管道	4.3 m/亩
平均年节水	40%
平均每亩年节电	42 $\text{kW} \cdot \text{h}$
平均节能	35%
节省工值	28%
平均年运行费	15 元/亩
灌溉成本	3.3 元/(亩·次)
平均水量成本	0.065 元/ m^3
亩均年增产	79 $\text{kg}/(\text{亩} \cdot \text{年})$

附录二 水力学计算附表

附表 8

水泥制品管 100 m 沿程水头损失表 ($n=0.013$)

Q		内 径 d (mm)																	
		100		125		150		200		250		300		350		400		500	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
20	0.006	0.71	1.1	0.45	0.3	0.31	0.13	0.18	0.03	0.11	0.01	0.08	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00
30	0.008	1.06	2.6	0.68	0.8	0.47	0.30	0.27	0.06	0.17	0.02	0.12	0.01	0.09	0.00	0.07	0.00	0.04	0.00
40	0.011	1.42	4.6	0.91	1.4	0.63	0.53	0.35	0.11	0.23	0.03	0.16	0.01	0.12	0.01	0.09	0.00	0.06	0.00
50	0.014	1.77	7.2	1.13	2.2	0.79	0.83	0.44	0.18	0.28	0.05	0.20	0.02	0.14	0.01	0.11	0.00	0.07	0.00
60	0.017	2.12	10.3	1.36	3.1	0.94	1.19	0.53	0.26	0.34	0.08	0.24	0.03	0.17	0.01	0.13	0.01	0.08	0.00
70	0.019	2.48	14.1	1.59	4.2	1.10	1.62	0.62	0.35	0.40	0.11	0.28	0.04	0.20	0.02	0.15	0.01	0.10	0.00
80	0.022	2.83	18.4	1.81	5.6	1.26	2.12	0.71	0.46	0.45	0.14	0.31	0.05	0.23	0.02	0.18	0.01	0.11	0.00
90	0.025	3.18	23.3	2.04	7.1	1.42	2.65	0.80	0.58	0.51	0.18	0.35	0.07	0.26	0.03	0.20	0.01	0.13	0.00
100	0.028	3.54	28.7	2.26	8.7	1.57	3.32	0.88	0.71	0.57	0.22	0.39	0.08	0.29	0.04	0.22	0.02	0.14	0.01
110	0.031	3.89	34.7	2.49	10.6	1.73	4.00	0.97	0.86	0.62	0.26	0.43	0.10	0.32	0.04	0.24	0.02	0.16	0.01
120	0.033	4.25	41.3	2.72	12.6	1.89	4.76	1.05	1.00	0.68	0.31	0.47	0.12	0.35	0.05	0.27	0.03	0.17	0.01
130	0.036	4.60	48.5	2.94	14.8	2.04	5.59	1.15	1.21	0.74	0.37	0.51	0.14	0.38	0.06	0.29	0.03	0.18	0.01
140	0.039	4.95	56.3	3.17	17.1	2.20	6.48	1.24	1.40	0.79	0.43	0.55	0.16	0.40	0.07	0.31	0.03	0.20	0.01
150	0.042	5.31	64.6	3.40	19.7	2.36	7.44	1.33	1.61	0.85	0.49	0.59	0.18	0.43	0.08	0.33	0.04	0.21	0.01
160	0.044	5.66	73.5	3.62	22.4	2.52	8.46	1.42	1.83	0.91	0.55	0.63	0.21	0.46	0.09	0.35	0.05	0.23	0.01
170	0.047	6.02	83.0	3.85	25.3	2.67	9.56	1.50	2.06	0.96	0.63	0.67	0.24	0.49	0.10	0.38	0.05	0.24	0.02
180	0.050	6.37	93.0	4.08	28.3	2.83	10.71	1.59	2.31	1.02	0.70	0.71	0.27	0.52	0.12	0.40	0.06	0.25	0.02
190	0.053	6.72	103.6	4.30	31.5	2.99	11.94	1.68	2.58	1.08	0.78	0.75	0.30	0.55	0.13	0.42	0.06	0.27	0.02
200	0.056	7.08	114.8	4.53	35.0	3.15	13.23	1.77	2.85	1.13	0.87	0.79	0.33	0.58	0.14	0.44	0.07	0.28	0.02
210	0.058	7.43	126.6	4.76	38.5	3.30	14.58	1.86	3.15	1.19	0.96	0.83	0.36	0.61	0.16	0.46	0.08	0.30	0.02
220	0.061	7.78	138.9	4.98	42.3	3.46	16.00	1.95	3.45	1.25	1.05	0.86	0.40	0.64	0.17	0.49	0.09	0.31	0.03
230	0.064	8.14	151.8	5.21	46.2	3.62	17.49	2.03	3.77	1.30	1.15	0.90	0.43	0.66	0.19	0.51	0.09	0.33	0.03
240	0.067	8.49	165.3	5.44	50.3	3.77	19.05	2.12	4.11	1.36	1.25	0.94	0.47	0.69	0.21	0.53	0.10	0.34	0.03
250	0.069	8.85	179.4	5.66	54.6	3.93	20.67	2.21	4.46	1.42	1.36	0.98	0.51	0.72	0.23	0.55	0.11	0.35	0.03
260	0.072	9.20	194.0	5.89	59.1	4.09	22.35	2.30	4.82	1.47	1.47	1.02	0.56	0.75	0.24	0.58	0.12	0.37	0.04
270	0.075	9.55	209.3	6.11	63.7	4.25	24.10	2.39	5.20	1.53	1.58	1.06	0.60	0.78	0.26	0.60	0.13	0.38	0.04
280	0.078	9.91	225.0	6.34	68.5	4.40	25.92	2.48	5.59	1.59	1.70	1.10	0.64	0.81	0.28	0.62	0.14	0.40	0.04
290	0.081	10.26	241.4	6.57	73.5	4.56	27.81	2.57	6.00	1.64	1.83	1.14	0.69	0.84	0.30	0.64	0.15	0.41	0.05
300	0.083	10.62	258.3	6.79	78.6	4.72	29.76	2.65	6.42	1.70	1.96	1.18	0.74	0.87	0.33	0.66	0.16	0.42	0.05

注 水泥制品管沿程水头损失计算公式: $h_f=100\times 0.00174Q^2/d^{5.33}$ (Q : m³/s, d : m, h_f : m)

附表 9

水泥制品管 100 m 沿程水头损失表 ($n=0.014$)

Q		内 径 d (mm)																	
		100		125		150		200		250		300		350		400		500	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
20	0.01	0.71	1.33	0.45	0.40	0.31	0.15	0.18	0.03	0.11	0.01	0.08	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00
30	0.01	1.06	2.98	0.68	0.91	0.47	0.34	0.27	0.07	0.17	0.02	0.12	0.01	0.09	0.00	0.07	0.00	0.04	0.00
40	0.01	1.42	5.31	0.91	1.62	0.63	0.61	0.35	0.13	0.23	0.04	0.16	0.02	0.12	0.01	0.09	0.00	0.06	0.00
50	0.01	1.77	8.29	1.13	2.52	0.79	0.95	0.44	0.21	0.28	0.06	0.20	0.02	0.14	0.01	0.11	0.01	0.07	0.00
60	0.02	2.12	11.94	1.36	3.63	0.94	1.38	0.53	0.30	0.34	0.09	0.24	0.03	0.17	0.02	0.13	0.01	0.08	0.00
70	0.02	2.48	16.25	1.59	4.95	1.10	1.87	0.62	0.40	0.40	0.12	0.28	0.05	0.20	0.02	0.15	0.01	0.10	0.00
80	0.02	2.83	21.22	1.81	6.46	1.26	2.44	0.71	0.53	0.45	0.16	0.31	0.06	0.23	0.03	0.18	0.01	0.11	0.00
90	0.03	3.18	26.86	2.04	8.18	1.42	3.09	0.80	0.67	0.51	0.20	0.35	0.08	0.26	0.03	0.20	0.02	0.13	0.01
100	0.03	3.54	33.16	2.26	10.09	1.57	3.82	0.88	0.82	0.57	0.25	0.39	0.09	0.29	0.04	0.22	0.02	0.14	0.01
110	0.03	3.89	40.12	2.49	12.21	1.73	4.62	0.97	1.00	0.62	0.30	0.43	0.11	0.32	0.05	0.24	0.02	0.16	0.01
120	0.03	4.25	47.75	2.72	14.54	1.89	5.50	1.06	1.19	0.68	0.36	0.47	0.14	0.35	0.06	0.27	0.03	0.17	0.01
130	0.04	4.60	56.04	2.94	17.06	2.04	6.46	1.15	1.39	0.74	0.42	0.51	0.16	0.38	0.07	0.29	0.03	0.18	0.01
140	0.04	4.95	64.99	3.17	19.78	2.20	7.49	1.24	1.62	0.79	0.49	0.55	0.19	0.40	0.08	0.31	0.04	0.20	0.01
150	0.04	5.31	74.61	3.40	22.71	2.36	8.59	1.33	1.85	0.85	0.56	0.59	0.21	0.43	0.09	0.33	0.05	0.21	0.01
160	0.04	5.66	84.89	3.62	25.84	2.52	9.78	1.42	2.11	0.91	0.64	0.63	0.24	0.46	0.11	0.35	0.05	0.23	0.02
170	0.05	6.02	95.83	3.85	29.17	2.67	11.04	1.50	2.38	0.96	0.73	0.67	0.27	0.49	0.12	0.38	0.06	0.24	0.02
180	0.05	6.37	107.43	4.08	32.70	2.83	12.38	1.59	2.67	1.02	0.81	0.71	0.31	0.52	0.14	0.40	0.07	0.25	0.02
190	0.05	6.72	119.70	4.30	36.44	2.99	13.79	1.68	2.98	1.08	0.91	0.75	0.34	0.55	0.15	0.42	0.07	0.27	0.02
200	0.06	7.08	132.63	4.53	40.38	3.15	15.28	1.77	3.30	1.13	1.00	0.79	0.38	0.58	0.17	0.44	0.08	0.28	0.02
210	0.06	7.43	146.23	4.76	44.51	3.30	16.82	1.86	3.64	1.19	1.11	0.83	0.42	0.61	0.18	0.46	0.09	0.30	0.03
220	0.06	7.78	160.49	4.98	48.85	3.46	18.49	1.95	3.99	1.25	1.21	0.86	0.46	0.64	0.20	0.49	0.10	0.31	0.03
230	0.06	8.14	175.41	5.21	53.40	3.62	20.21	2.03	4.36	1.30	1.33	0.90	0.50	0.66	0.22	0.51	0.11	0.33	0.03
240	0.07	8.49	190.99	5.44	58.14	3.77	22.00	2.12	4.75	1.36	1.45	0.94	0.55	0.69	0.24	0.53	0.12	0.34	0.04
250	0.07	8.85	207.24	5.66	63.09	3.93	23.87	2.21	5.15	1.42	1.57	0.98	0.59	0.72	0.26	0.55	0.13	0.35	0.04
260	0.07	9.20	224.15	5.89	68.24	4.09	25.82	2.30	5.57	1.47	1.70	1.02	0.64	0.75	0.28	0.58	0.14	0.37	0.04
270	0.08	9.55	241.72	6.11	73.58	4.25	27.85	2.39	6.01	1.53	1.83	1.06	0.69	0.78	0.30	0.60	0.15	0.38	0.05
280	0.08	9.91	259.96	6.34	79.14	4.40	29.95	2.48	6.46	1.59	1.97	1.10	0.74	0.81	0.33	0.62	0.16	0.40	0.05
290	0.08	10.26	278.86	6.57	84.89	4.56	32.12	2.57	6.93	1.64	2.11	1.14	0.80	0.84	0.35	0.64	0.17	0.41	0.05
300	0.08	10.62	298.42	6.79	90.85	4.72	34.38	2.65	7.42	1.70	2.26	1.18	0.85	0.87	0.38	0.66	0.18	0.42	0.06

注 水泥制品管沿程水头损失计算公式: $h_f=100\times 0.00201Q^2/d^{5.33}$ (Q : m³/s, d : m, h_f : m)

附表 10

水泥制品管 100 m 沿程水头损失表 ($n=0.015$)

Q		内 径 d (mm)																	
		100		125		150		200		250		300		350		400		500	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
20	0.006	0.71	1.53	0.45	0.47	0.31	0.18	0.18	0.04	0.11	0.01	0.08	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00
30	0.008	1.06	3.44	0.68	1.05	0.47	0.40	0.27	0.09	0.17	0.03	0.12	0.01	0.09	0.00	0.07	0.00	0.04	0.00
40	0.011	1.42	6.12	0.91	1.86	0.63	0.71	0.35	0.15	0.23	0.05	0.16	0.02	0.12	0.01	0.09	0.00	0.06	0.00
50	0.014	1.77	9.57	1.13	2.91	0.79	1.10	0.44	0.24	0.28	0.07	0.20	0.03	0.14	0.01	0.11	0.01	0.07	0.00
60	0.017	2.12	13.78	1.36	4.19	0.94	1.59	0.53	0.34	0.34	0.10	0.24	0.04	0.17	0.02	0.13	0.01	0.08	0.00
70	0.019	2.48	18.75	1.59	5.71	1.10	2.16	0.62	0.47	0.40	0.14	0.28	0.05	0.20	0.02	0.15	0.01	0.10	0.00
80	0.022	2.83	24.49	1.81	7.46	1.26	2.82	0.71	0.61	0.45	0.19	0.31	0.07	0.23	0.03	0.18	0.02	0.11	0.00

Q		内 径 d (mm)																	
		100		125		150		200		250		300		350		400		500	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
90	0.025	3.18	31.00	2.04	9.44	1.42	3.57	0.80	0.77	0.51	0.23	0.35	0.09	0.26	0.04	0.20	0.02	0.13	0.01
100	0.028	3.54	38.27	2.26	11.65	1.57	4.41	0.88	0.95	0.57	0.29	0.39	0.11	0.29	0.05	0.22	0.02	0.14	0.01
110	0.031	3.89	46.31	2.49	14.10	1.73	5.33	0.97	1.15	0.62	0.35	0.43	0.13	0.32	0.06	0.24	0.03	0.16	0.01
120	0.033	4.25	55.11	2.72	16.78	1.89	6.35	1.06	1.37	0.68	0.42	0.47	0.16	0.35	0.07	0.27	0.03	0.17	0.01
130	0.036	4.60	64.68	2.94	19.69	2.04	7.45	1.15	1.61	0.74	0.49	0.51	0.19	0.38	0.08	0.29	0.04	0.18	0.01
140	0.039	4.95	75.01	3.17	22.84	2.20	8.64	1.24	1.86	0.79	0.57	0.55	0.21	0.40	0.09	0.31	0.05	0.20	0.01
150	0.042	5.31	86.11	3.40	26.21	2.36	9.92	1.33	2.14	0.85	0.65	0.59	0.25	0.43	0.11	0.33	0.05	0.21	0.02
160	0.044	5.66	97.98	3.62	29.83	2.52	11.29	1.42	2.44	0.91	0.74	0.63	0.28	0.46	0.12	0.35	0.06	0.23	0.02
170	0.047	6.02	110.61	3.85	33.67	2.67	12.74	1.50	2.75	0.96	0.84	0.67	0.32	0.49	0.14	0.38	0.07	0.24	0.02
180	0.050	6.37	124.00	4.08	37.75	2.83	14.28	1.59	3.08	1.02	0.94	0.71	0.36	0.52	0.16	0.40	0.08	0.25	0.02
190	0.053	6.72	138.16	4.30	42.06	2.99	15.92	1.68	3.43	1.08	1.05	0.75	0.40	0.55	0.17	0.42	0.09	0.27	0.03
200	0.056	7.08	153.09	4.53	46.60	3.15	17.64	1.77	3.81	1.13	1.16	0.79	0.44	0.58	0.19	0.44	0.09	0.28	0.03
210	0.058	7.43	168.78	4.76	51.38	3.30	19.44	1.86	4.20	1.19	1.28	0.83	0.48	0.61	0.21	0.46	0.10	0.30	0.03
220	0.061	7.78	185.24	4.98	56.39	3.46	21.34	1.95	4.61	1.25	1.40	0.86	0.53	0.64	0.23	0.49	0.11	0.31	0.03
230	0.064	8.14	202.46	5.21	61.63	3.62	23.32	2.03	5.03	1.30	1.53	0.90	0.58	0.66	0.25	0.51	0.13	0.33	0.04
240	0.067	8.49	220.45	5.44	67.11	3.77	25.39	2.12	5.48	1.36	1.67	0.94	0.63	0.69	0.28	0.53	0.14	0.34	0.04
250	0.069	8.85	239.20	5.66	72.82	3.93	27.55	2.21	5.95	1.42	1.81	0.98	0.69	0.72	0.30	0.55	0.15	0.35	0.05
260	0.072	9.20	258.72	5.89	78.76	4.09	29.80	2.30	6.43	1.47	1.96	1.02	0.74	0.75	0.33	0.58	0.16	0.37	0.05
270	0.075	9.55	279.00	6.11	84.93	4.25	32.14	2.39	6.94	1.53	2.11	1.06	0.80	0.78	0.35	0.60	0.17	0.38	0.05
280	0.078	9.91	300.05	6.34	91.34	4.40	34.56	2.48	7.44	1.59	2.27	1.10	0.86	0.81	0.38	0.62	0.19	0.40	0.06
290	0.081	10.26	321.87	6.57	97.98	4.56	37.08	2.57	8.00	1.64	2.44	1.14	0.92	0.84	0.41	0.64	0.20	0.41	0.06
300	0.083	10.62	344.45	6.79	104.86	4.72	39.68	2.65	8.56	1.70	2.61	1.18	0.99	0.87	0.43	0.66	0.21	0.42	0.06

注 水泥制品管沿程水头损失计算公式: $h_f = 100 \times 0.00232 Q^2 / d^5$ (Q : m³/s, d : m, h_f : m),

附表 11

PVC 硬塑料管 100 m 沿程水头损失计算表

Q		内 径 × 壁厚 (mm × mm)															
		75×1.5		90×1.8		110×2.2		125×2.5		140×2.8		160×3.2		180×3.6		200×3.9	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
20	0.006	1.37	2.63	0.95	1.10	0.63	0.42	0.49	0.23	0.39	0.13	0.30	0.07	0.24	0.04	0.19	0.02
30	0.008	2.05	5.39	1.42	2.26	0.95	0.87	0.74	0.47	0.59	0.27	0.45	0.15	0.36	0.08	0.29	0.05
40	0.011	2.73	8.97	1.90	3.76	1.27	1.44	0.98	0.78	0.78	0.46	0.60	0.24	0.47	0.14	0.38	0.08
50	0.014	3.41	13.32	2.37	5.58	1.59	2.14	1.23	1.16	0.98	0.68	0.75	0.36	0.59	0.20	0.48	0.12
60	0.017	4.10	18.39	2.84	7.71	1.90	2.96	1.47	1.61	1.18	0.94	0.90	0.50	0.71	0.28	0.57	0.17
70	0.019	4.78	24.16	3.32	10.13	2.22	3.89	1.72	2.11	1.37	1.23	1.05	0.65	0.83	0.37	0.67	0.22
80	0.022	5.46	30.60	3.79	12.83	2.54	4.92	1.97	2.68	1.57	1.56	1.20	0.82	0.95	0.47	0.77	0.28
90	0.025	6.14	37.70	4.27	15.80	2.86	6.07	2.21	3.30	1.76	1.92	1.35	1.02	1.07	0.58	0.86	0.35
100	0.028	6.83	45.42	4.74	19.04	3.17	7.31	2.46	3.97	1.96	2.31	1.50	1.22	1.19	0.70	0.96	0.42
110	0.031	7.51	53.77	5.21	22.54	3.49	8.65	2.70	4.70	2.15	2.74	1.65	1.45	1.30	0.83	1.05	0.50
120	0.033	8.19	62.72	5.69	26.29	3.81	10.09	2.95	5.49	2.35	3.19	1.80	1.69	1.42	0.96	1.15	0.58
130	0.036	8.87	72.27	6.16	30.29	4.13	11.63	3.19	6.32	2.55	3.68	1.95	1.95	1.54	1.11	1.25	0.67
140	0.039	9.56	82.40	6.64	34.53	4.44	13.26	3.44	7.21	2.74	4.20	2.10	2.22	1.66	1.27	1.34	0.76
150	0.042	10.24	93.10	7.11	39.02	4.76	14.98	3.69	8.14	2.94	4.74	2.25	2.51	1.78	1.43	1.44	0.86

续表

Q		内 径 × 壁 厚 (mm×mm)															
		75×1.5		90×1.8		110×2.2		125×2.5		140×2.8		160×3.2		180×3.6		200×3.9	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
160	0.044	10.92	104.37	7.58	43.74	5.08	16.80	3.93	9.13	3.13	5.32	2.40	2.81	1.90	1.60	1.53	0.97
170	0.047	11.60	116.19	8.06	48.70	5.39	18.70	4.18	10.16	3.33	5.92	2.55	3.13	2.01	1.78	1.63	1.07
180	0.050	12.29	128.56	8.53	53.88	5.71	20.69	4.42	11.24	3.53	6.55	2.70	3.46	2.13	1.97	1.72	1.19
190	0.053	12.97	141.48	9.01	59.29	6.03	22.77	4.67	12.37	3.72	7.21	2.85	3.81	2.25	2.17	1.82	1.31
200	0.056	13.65	154.92	9.48	64.93	6.35	24.93	4.91	13.55	3.92	7.89	3.00	4.17	2.37	2.38	1.92	1.43
210	0.058	14.33	168.90	9.95	70.78	6.66	27.18	5.16	14.77	4.11	8.60	3.15	4.55	2.49	2.59	2.01	1.56
220	0.061	15.02	183.39	10.43	76.86	6.98	29.51	5.41	16.04	4.31	9.34	3.30	4.94	2.61	2.82	2.11	1.70
230	0.064	15.70	198.40	10.90	83.15	7.30	31.93	5.65	17.35	4.51	10.11	3.45	5.34	2.73	3.05	2.20	1.83
240	0.067	16.38	213.93	11.38	89.65	7.62	34.42	5.90	18.71	4.70	10.90	3.60	5.76	2.84	3.29	2.30	1.98
250	0.069	17.06	229.96	11.85	96.37	7.93	37.00	6.14	20.11	4.90	11.71	3.75	6.19	2.96	3.53	2.39	2.13
260	0.072	17.75	246.49	12.32	103.30	8.25	39.66	6.39	21.56	5.09	12.55	3.90	6.64	3.08	3.79	2.49	2.28
270	0.075	18.43	263.51	12.80	110.44	8.57	42.40	6.63	23.05	5.29	13.42	4.05	7.10	3.20	4.05	2.59	2.44
280	0.078	19.11	281.05	13.27	117.78	8.89	45.22	6.88	24.58	5.49	14.31	4.20	7.57	3.32	4.32	2.68	2.60
290	0.081	19.80	299.04	13.75	125.33	9.20	48.12	7.13	26.15	5.68	15.23	4.35	8.06	3.44	4.59	2.78	2.77
300	0.083	20.48	317.54	14.22	133.08	9.52	51.10	7.37	27.77	5.88	16.17	4.50	8.55	3.56	4.88	2.87	2.94

注 PVC 硬塑料管沿程水头计算公式: $h_f = 100 \times 0.000915 \times Q^{1.77} / d^{4.77}$ (Q : m³/s, d : m, h_f : m)

附表 12

塑料软管 100 m 沿程水头计算表

Q		内 径 × 壁 厚 (mm×mm)											
		100×64		120×76		140×88		160×1025		200×127		250×159	
m ³ /h	m ³ /s	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f	v	h _f
10	0.003	0.86	1.62	0.61	0.74	0.45	0.15	0.34	0.18	0.22	0.06	0.14	0.02
20	0.006	1.73	5.54	1.23	2.52	0.89	0.61	0.68	0.60	0.44	0.21	0.28	0.07
30	0.008	2.59	11.35	1.84	5.16	1.34	1.04	1.02	1.23	0.66	0.43	0.42	0.15
40	0.011	3.46	18.88	2.45	8.59	1.79	1.73	1.36	2.14	0.88	0.72	0.56	0.25
50	0.014	4.32	28.03	3.06	12.75	2.23	2.57	1.70	3.03	1.10	1.07	0.70	0.37
60	0.017	5.18	38.71	3.68	17.61	2.68	3.55	2.04	4.19	1.32	1.47	0.84	0.50
70	0.019	6.05	50.85	4.29	23.14	3.13	4.67	2.38	5.50	1.54	1.93	0.98	0.66
80	0.022	6.91	64.41	4.90	29.31	3.57	5.91	2.72	6.97	1.76	2.45	1.12	0.84
90	0.025	7.78	79.34	5.51	36.10	4.02	7.28	3.06	8.59	1.97	3.02	1.26	1.03
100	0.028	8.64	95.60	6.13	43.50	4.47	8.77	3.40	10.35	2.19	3.64	1.40	1.25
110	0.031	9.50	113.17	6.74	51.49	4.91	10.38	3.74	12.25	2.41	4.31	1.54	1.47
120	0.033	10.37	132.01	7.35	60.07	5.36	12.11	4.08	14.29	2.63	5.02	1.68	1.72
130	0.036	11.23	152.11	7.96	69.21	5.81	13.96	4.42	16.47	2.85	5.79	1.82	1.98
140	0.039	12.09	173.43	8.58	78.91	6.25	15.91	4.76	18.77	3.07	6.60	1.96	2.26
150	0.042	12.96	195.95	9.19	89.16	6.70	17.98	5.10	21.21	3.29	7.46	2.10	2.55
160	0.044	13.82	219.66	9.80	99.95	7.15	20.15	5.44	23.78	3.51	8.36	2.24	2.86
170	0.047	14.69	244.55	10.41	111.27	7.59	22.44	5.78	26.47	3.73	9.30	2.38	3.19
180	0.050	15.55	270.58	11.03	123.11	8.04	24.83	6.12	29.29	3.95	10.30	2.52	3.52
190	0.053	16.41	297.76	11.64	135.48	8.49	27.32	6.46	32.23	4.17	11.33	2.66	3.88
200	0.056	17.28	326.06	12.25	148.35	8.93	29.92	6.80	35.30	4.39	12.41	2.80	4.25

注 $h_f = 1.2 \times 100 \times 0.000915 \times Q^{1.77} / d^{4.77}$ (Q : m³/s, d : m, h_f : m), 按硬塑料管水头损失乘系数 1.2 计算。

附表 13

不同流量及流速下管径选择表 (Q : m^3/h , v : m/s , d : mm)

$d \backslash v$ Q	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
20	119	109	100	94	89	84	80	77	74	71	69	66	64	63	61	59
25	133	121	112	105	99	94	90	86	82	79	77	74	72	70	68	66
30	146	133	123	115	109	103	98	94	90	87	84	81	79	77	75	73
35	157	144	133	124	117	111	106	102	98	94	91	88	85	83	81	79
40	168	154	142	133	125	119	113	109	104	100	97	94	91	89	86	84
45	178	163	151	141	133	126	120	115	111	107	103	100	97	94	91	89
50	188	172	159	149	140	133	127	121	117	112	109	105	102	99	96	94
55	197	180	167	156	147	139	133	127	122	118	114	110	107	104	101	99
60	206	188	174	163	154	146	139	133	128	123	119	115	112	109	106	103
65	214	196	181	169	160	152	145	138	133	128	124	120	116	113	110	107
70	222	203	188	176	166	157	150	144	138	133	128	124	121	117	114	111
75	230	210	195	182	172	163	155	149	143	138	133	129	125	121	118	115
80	238	217	201	188	177	168	160	154	147	142	137	133	129	125	122	119
85	245	224	207	194	183	173	165	158	152	146	142	137	133	129	126	123
90	252	230	213	199	188	178	170	163	156	151	146	141	137	133	129	126
95	259	237	219	205	193	183	175	167	161	155	150	145	141	137	133	130
100	266	243	225	210	198	188	179	172	165	159	154	149	144	140	136	133
105	272	249	230	215	203	193	184	176	169	163	157	152	148	144	140	136
110	279	255	236	220	208	197	188	180	173	167	161	156	151	147	143	139
115	285	260	241	225	213	202	192	184	177	170	165	159	155	150	146	143
120	291	266	246	230	217	206	196	188	181	174	168	163	158	154	149	146
125	297	271	251	235	222	210	200	192	184	178	172	166	161	157	152	149
130	303	277	256	240	226	214	204	196	188	181	175	169	164	160	156	152
135	309	282	261	244	230	218	208	199	192	185	178	173	168	163	158	154
140	315	287	266	249	234	222	212	203	195	188	182	176	171	166	161	157
145	320	292	271	253	239	226	216	207	199	191	185	179	174	169	164	160
150	326	297	275	257	243	230	220	210	202	195	188	182	177	172	167	163
155	331	302	280	262	247	234	223	214	205	198	191	185	180	174	170	166
160	336	307	284	266	251	238	227	217	209	201	194	188	182	177	173	168
165	342	312	289	270	255	241	230	220	212	204	197	191	185	180	175	171
170	347	316	293	274	258	245	234	224	215	207	200	194	188	183	178	173
175	352	321	297	278	262	249	237	227	218	210	203	197	191	185	180	176
180	357	326	301	282	266	252	240	230	221	213	206	199	193	188	183	178
185	362	330	306	286	270	256	244	233	224	216	209	202	196	191	186	181
190	366	335	310	290	273	259	247	237	227	219	212	205	199	193	188	183
195	371	339	314	294	277	263	250	240	230	222	214	208	201	196	190	186
200	376	343	318	297	280	266	253	243	233	225	217	210	204	198	193	188

节水灌溉技术培训教材

- 水土资源评价与节水灌溉规划
- 喷灌与微灌设备
- 渠道防渗工程技术
- 管道输水工程技术
- 喷灌工程技术
- 微灌工程技术
- 旱作物地面灌溉节水技术
- 雨水集蓄工程技术
- 水稻节水灌溉技术

ISBN 7-80124-643-8



787801 246431 >

科技新书目: 458-337

ISBN 7-80124-643-8/TV · 359

定价: 23.00 元